

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



*Una Institución Adventista*

**Diagnóstico del estado de condición y serviciabilidad del tramo I  
de la carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas  
mediante el estudio de regularidad superficial**

**Por:**

**Karen Katherin Margas Quispe**

**Asesor:**

**Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara**

**Juliaca, abril de 2019**

## DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Manuel Loaiza Jara, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONDICIÓN Y SERVICIABILIDAD DEL TRAMO I DE LA CARRETERA DV. CARACARA- LAMPA- CABANILLA- CABANILLAS MEDIANTE EL ESTUDIO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL" constituye la memoria que presenta la bachiller Karen Katherin Margas Quispe para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los dieciséis días del mes de abril del año dos mil diecinueve.



Ing. Manuel Loaiza Jara

Diagnóstico del estado de condición y serviciabilidad del tramo I de la  
carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas mediante el  
estudio de regularidad superficial

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

## JURADO CALIFICADOR



Ing. Ecler Mamani Chambi

Presidente



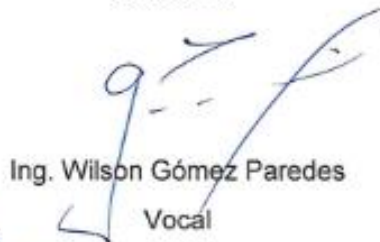
Ing. Percy Armando Cota Mayorga

Secretario



Ing. Jorge Llanos Ticona

Vocal



Ing. Wilson Gómez Paredes

Vocal



Ing. Manuel Loaiza Jara

Asesor

Juliaca, 16 de abril de 2019

### **Dedicatoria**

A Dios por poner en el camino a las personas indicadas en el momento indicado. A mis padres, por el gran esfuerzo de amor, paciencia y sacrificio para poder lograr cada paso, metas y sueños personales.



### **Agradecimientos**

A Dios, en todo momento; a mis padres presentes en las buenas y sobre todo en las malas, a toda mi familia y amigos por ser partícipe de cada logro. A cada ingeniero que ha sabido compartir sus conocimientos para emprender un camino de servicio a la sociedad.

## Índice general

Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Índice general .....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos.....	xi
Símbolos usados y/o nomenclaturas .....	xii
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xiv
Capítulo I. El problema .....	15
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Problema general .....	16
1.3. Problemas específicos .....	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Objetivos .....	18
1.5.1. Objetivo general .....	18
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
Capítulo II. Marco Teórico.....	19
2.1. Características de un pavimento eficiente .....	21
2.1.1. Evaluación de pavimentos.....	21
2.1.2. Evaluación superficial.....	21
2.1.3. Evaluación estructural .....	22
2.2. Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....	22
Capítulo III Materiales y Métodos.....	35
3.1. Tipo de investigación.....	35
3.2. Nivel de Investigación.....	35
3.3. Diseño de la investigación .....	35
3.4. Hipótesis de la investigación .....	35
3.5. Prueba de Hipótesis .....	36
3.6. Identificación de variables .....	37
3.6.1. Variable Independiente.....	37
3.6.2. Variable Dependiente .....	38
3.6.3. Variables Intervinientes .....	38

3.6.4. Operacionalización de variables .....	38
3.7. Método estadístico .....	39
3.7.1. Prueba de significancia T .....	40
3.8. Diagrama de flujo de la tesis .....	41
3.10. Población a nivel de ensayos .....	45
3.11. Muestra .....	46
3.12. Método de muestreo.....	47
3.12.1. Determinación de tamaño de muestra a nivel de la longitud de la carretera .....	48
3.12.2. Determinación del tamaño de muestra a nivel de ensayos .....	48
3.12.3. Delimitación de secciones de estudio .....	49
3.13. Recolección de datos .....	55
3.13.1. Lugar de ejecución .....	55
3.13.2. Instrumentos.....	57
Capítulo IV. Resultados y Discusión .....	66
4.2. Resultados .....	66
4.2.1. IRI del carril derecho e izquierdo (2018) .....	66
4.2.2. IRI del carril derecho e izquierdo (2014) .....	66
4.3.1.1. <i>Prueba estadística / sección I.</i> .....	68
4.3.2. Sección II .....	72
4.3.2.1. <i>Prueba estadística / sección II</i> .....	73
4.3.3.1. <i>Prueba estadística / sección III</i> .....	77
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones .....	85
5.1. Conclusiones.....	85
5.2. Recomendaciones.....	86
Referencias .....	88

## Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de pavimentos .....	20
Tabla 2. Características de los equipos para medir la regularidad superficial. ....	25
Tabla 3. Valores recomendados para la rugosidad de un pavimento .....	27
Tabla 4. Normativa Internacional para el control del IRI. ....	28
Tabla 5. Normativa Internacional según requerimientos de IRI .....	29
Tabla 6. Valores de PSI .....	34
Tabla 7. Elección del estadístico de prueba .....	37
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	39
Tabla 9. Prueba de normalidad .....	40
Tabla 10. Población de estudio a nivel de longitud /carril derecho .....	43
Tabla 11. Población de estudio a nivel de longitud / carril izquierdo.....	44
Tabla 12. Población total de estudio a nivel de longitud.....	44
Tabla 13. Delimitación del número de ensayos de la población / carril derecho.....	45
Tabla 14. población de nivel de ensayos/carril izquierdo .....	46
Tabla 15. Población total de estudio a nivel de longitud y ensayos. ....	46
Tabla 16. Características de las progresivas de estudio .....	47
Tabla 17. Población y muestra de las secciones I, II, III en términos de longitud .....	48
Tabla 18. Población y muestra de las secciones I, II, III en términos de ensayos .....	48
Tabla 19. Relación población / muestra a nivel de ensayos y longitud.....	49
Tabla 20. Aproximación de la muestra de ensayos para una cantidad de longitud .....	49
Tabla 21. Delimitación de la población en tramos de 400m /sección 1- carriles derecho e izquierdo.....	50
Tabla 22. Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección I. ....	51
Tabla 23. Delimitación de la población en tramos de 400m /sección II - carriles derecho e izquierdo.....	52
Tabla 24 Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección II. ....	53
Tabla 25. Delimitación de la población en tramos de 400m/ sección III - carriles derecho e izquierdo.....	54
Tabla 26 Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección III. ....	55
Tabla 27 Lista de datos recolectados en campo (ensayo 1).....	61
Tabla 28. Matriz de consistencia.....	65
Tabla 29. Resultados de IRI en el carril derecho e izquierdo (2018) .....	66
Tabla. 30. Resultados IRI en el carril derecho e izquierdo (2014) .....	67
Tabla 31. Valores IRI de la sección I/carril derecho .....	68
Tabla 32. Valores IRI de la sección I/carril izquierdo.....	68

Tabla 33 Resultados generales IRI 2014 e IRI 2018 / Sección I .....	69
Tabla 34 Prueba de normalidad .....	70
Tabla 35. Prueba de Normalidad Shapiro - Wilk .....	70
Tabla 36. Estadísticas para el IRI 2014 e IRI 2018 / sección I. ....	70
Tabla 37. Prueba T para muestras relacionadas, periodos 2014 y 2018 / sección I. ....	71
Tabla 38. p-valor / sección I. ....	71
Tabla 39. Valores IRI y PSI de la sección 2/carril derecho .....	72
Tabla 40. Valores IRI de la sección 2/carril izquierdo.....	73
Tabla 41. Resultados IRI 2014 e IRI 2018 /sección II.....	73
Tabla 42. Prueba de normalidad/ sección II .....	74
Tabla 43. Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk / sección II.....	74
Tabla 44. Estadísticos para IRI 2014 e IRI 2018 / sección II. ....	75
Tabla 45. Prueba T para muestras relacionadas / sección II.....	75
Tabla 46. p-valor / sección II. ....	75
Tabla 47. Valores IRI de la sección III/carril derecho. ....	76
Tabla 48. Valores IRI de la sección III /carril izquierdo.....	77
Tabla 49. Resultados IRI 2014 e IRI 2018 / sección III.....	77
Tabla 50. Prueba de normalidad / Sección III.....	78
Tabla 51. Contraste -Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk / sección III. ....	78
Tabla 52. Estadísticas IRI 2014 e IRI 2018 / sección III. ....	78
Tabla 53. Prueba T para muestras relacionadas / sección III.....	79
Tabla 54. p-valor / sección I. ....	79
Tabla 55. Resumen general de valores IRI .....	81
Tabla 56. Resumen de estadísticos descriptivos .....	82
Tabla 57. Promedio global IRI 2014 - IRI 2018 .....	83
Tabla 58. Comparaciones múltiples de las secciones evaluadas .....	83
Tabla 59. Criterios de evaluación PSI/Transitabilidad .....	84
Tabla 60. Relación IRI/PSI.....	84

## Índice de figuras

Figura 1. Perfil real de una carretera.....	23
Figura 2. Representación física del Índice de Regularidad Internacional .....	24
Figura 3. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías. ....	26
Figura 4. Grafico típico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo .....	27
Figura 5. Esquema del Rugosímetro MERLIN .....	30
Figura 6. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento. ....	31
Figura 7. Medición de desplazamientos respecto a la cuerda promedio .....	32
Figura 8. Histograma de distribución de frecuencias.....	32
Figura 9. Esquematización de las variables de investigación.....	38
Figura 10. Diagrama de flujo.....	42
Figura 11. Sección transversal representativa km 0+000.....	50
Figura 12. Referencia de la Sección I de trazo plana o llano, km 0+000 - km 8+000. ....	51
Figura 13. Sección transversal representativa km 12+000.....	52
Figura 14. Referencia de la Sección II de trazo ondulado accidentado, km 8+000 - km 19+000 .....	53
Figura 15. Sección transversal representativa km 0+000.....	54
Figura 16. Referencia de la Sección III de trazo plano o llano km 19+000 – km 21+90655	
Figura 17. Estado de la vía en su inicio de servicio, periodo 2014-2015, progresiva 0+000 .....	56
Figura 18. Ubicación y localización geográfica de la carretera Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. ....	57
Figura 19. Ejecución del ensayo MERLIN en la carretera de estudio.....	59
Figura 20. Determinación de "una vuelta" con el equipo MERLIN.....	59
Figura 21. Vista en perfil del km 0+000 al km 0+400.....	59
Figura 22. Histograma generado por los datos recolectados con el MERLIN.....	61
Figura 23. Variaciones de los Índices de Regularidad / Sección I .....	72
Figura 24. Gráfico comparativo de los valores IRI / Sección II .....	76
Figura 25. Representación gráfica de las variaciones IRI /sección III.....	80
Figura 26. Representación gráfica de las variaciones en las tres secciones. ....	82

## **Índice de anexos**

Anexo A. Recolección de datos en campo / sección I .....	92
Anexo B. Recolección de datos en campo / sección II .....	106
Anexo C. Recolección de datos en campo / sección III .....	120
Anexo D. Formatos de cálculos IRI- 2018/Sección I .....	128
Anexo E. Formatos de cálculos IRI- 2018 /sección II .....	142
Anexo F. Formatos de cálculos IRI- 2018 / Sección III .....	156
Anexo G. Formatos de cálculo IRI- 2014 .....	164
Anexo H. Panel fotográfico .....	173
Anexo I. Planos- Secciones transversales / Sección I .....	175
Anexo J. Planos- Secciones transversales / Sección II .....	176
Anexo K. Planos- Secciones transversales / Sección III .....	177
Anexo L. Plano clave .....	178

### **Símbolos usados y/o nomenclaturas**

<b>AASHTO</b>	: American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>DG</b>	: Diseño Geométrico
<b>FWHA</b>	: Federal Highway Administration
<b>H<sub>0</sub></b>	: Hipótesis Nula
<b>H<sub>i</sub></b>	: Hipótesis de la Investigación
<b>INVIAS</b>	: Instituto Nacional de Vías
<b>IRI</b>	: Índice de Regularidad Internacional
<b>MERLIN</b>	: Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation
<b>MTC</b>	: Ministerio de Comunicación y Transporte
<b>PSI</b>	: Present Serviceability Index
<b>RTRRMS</b>	: Response Type Road Roughness Measuring System
<b>TRRL</b>	: Transportation Road Research Laboratory
<b>veh/día</b>	: Vehículos por día



## Resumen

La región de Puno cuenta con diversos diseños de pavimento flexible, de las cuales muchos no han cumplido con el periodo de vida útil para el que han sido diseñados. Además, el nivel de serviciabilidad de las vías de la región van aumentando progresivamente, lo que hace que la estructura envejezca prematuramente. Por ello, en esta investigación se realiza la evaluación de una vía a partir de un diagnóstico del estado de condición de serviciabilidad de una carretera perteneciente a la región de Puno, mediante el uso del parámetro de calidad denominado Índice de Regularidad Internacional (IRI), medido con un equipo de fácil manejo y económico como es el rugosímetro MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation). Se elige la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas (tramo I) que cuenta con 21.96 kilómetros, de fácil acceso y conveniente para la investigación. Se realizó un muestreo estratificado, identificando tres secciones (I, II y III), entre relieves de trazo plano y accidentado. Corresponde realizar 36 ensayos en trechos de 400 metros, realizados en los carriles derecho e izquierdo. Se comparan los índices de regularidad superficial de los periodos 2014 (pavimento nuevo) y 2018 (pavimento en servicio). Se concluye que las características superficiales del pavimento han variado mínimamente, observando que el IRI del periodo 2018 ha aumentado en un rango mínimo respecto al IRI del periodo 2014; sin embargo, la sección II se ve influenciada por el relieve accidentado, ya que existe un aumento considerable del IRI viéndose reflejado en el estado de la carretera, presenciándose además, deslizamientos. El estado de condición y serviciabilidad de la carretera evaluada en el periodo 2014 es buena, y en el periodo 2018 es de regular a buena, cumpliendo con el periodo de vida útil para el cual ha sido diseñado.

**Palabras clave:** Índice de Regularidad Internacional (IRI), Estado de condición, Estado de serviciabilidad, rugosímetro MERLIN.

## **Abstract**

The Puno region has several flexible pavement designs, many of which have not fulfilled the useful life for which they were designed. In addition, the level of serviceability of the roads in the region are increasing progressively, which causes the structure to age prematurely. For this reason, in this investigation the evaluation of a road is made from a diagnosis of the condition of serviceability condition of a road belonging to the Puno region, through the use of the quality parameter called the International Regularity Index (IRI), measured with a user-friendly and economical equipment such as the MERLIN rugosimeter (Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation). The Caracara-Lampa- Cabanilla-Cabanillas bypass road (section I) is chosen, which has 21.96 kilometers, easily accessible and convenient for research. A stratified sampling was carried out, identifying three sections (I, II and III), between reliefs of flat and uneven lines. It corresponds to perform 36 tests in sections of 400 meters, made in the right and left lanes. The superficial regularity indexes of the periods 2014 (new pavement) and 2018 (pavement in service) are compared. It is concluded that the surface characteristics of the pavement have changed minimally, observing that the IRI of the 2018 period has increased in a minimum range with respect to the IRI of the 2014 period; however, section II is influenced by the rugged terrain, since there is a considerable increase in IRI being reflected in the state of the road, also witnessing landslides. The condition and serviceability status of the highway evaluated in the 2014 period is good, and in the 2018 period it is from fair to good, complying with the useful life period for which it was designed.

**Keywords:** International Regularity Index (IRI), condition status, serviceability status, MERLIN rugosimeter.

## **Capítulo I**

### **El problema**

#### **1.1. Identificación del problema**

Presentar una mala regularidad superficial sobre el pavimento, el estado de condición y vida útil de éste se ven afectados, ya que contribuye a deterioros de carácter funcional y estructural de la vía. Porras, Tovar y Reyes (2017), mencionan que ante condiciones de carga y factores climáticos se producen los daños en la estructura del pavimento, manifestadas en ondulaciones, lo cual puede generar accidentes de tránsito y daños en el pavimento de una forma muy rápida.

Por otro lado, Bull (2003), al realizar diversos estudios en diferentes países concluye que los costos de rehabilitación y reparación de vías ascienden anualmente entre 1% y 3% del Producto Bruto Interno (PBI). Indica también, que la regularidad superficial es uno de los parámetros más importantes para el análisis de condición de estado de un pavimento, ya que incide en los costos de operación vehicular, afectando a la velocidad de circulación, avería de vehículos y el consumo de combustible.

En el Perú existen diferentes vías en estado de mantenimiento y proyectadas a ser pavimentadas; sin embargo, se aprecia que existe una deficiencia estructural en diferentes carreteras. Corroborado por lo publicado en el diario el Comercio por Daly G. (2015), indicando que “el problema de la infraestructura no solo concierne a la falta de construcción, sino que está presente también en las vías construidas”.

Además, en la misma publicación del diario el Comercio, al mejorar el estado en que se encuentran las carreteras es un factor de vital importancia para evitar accidentes. Para ello, el mantenimiento de las vías es crucial. Agrega que, según Adrián Revilla, director de Cruzada Vial en el año 2015, la Sutrán solo fiscalizó el 8% de las vías y no incluidas las regionales, que están bajo la jurisdicción de los gobiernos regionales. También, En diversas carreteras nacionales, regionales y locales, se observan daños en su superficie asfáltica, debido al mal proceso constructivo, o a la falta de mantenimiento adecuado.

De acuerdo a lo especificado en la investigación de Humpiri (2015), en la región de Puno, la mayoría de carreteras se han deteriorado prematuramente, lo que disminuye su

condición a nivel de serviciabilidad, por lo tanto, demanda trabajos de mantenimiento antes de lo previsto. La región de Puno cuenta con diversos diseños de pavimento flexible, de las cuales muchos no han cumplido con el periodo de vida útil para el que han sido diseñados. Por otro lado, el nivel de serviciabilidad de las vías de la región viene aumentando progresivamente, por diferentes factores como pueden ser la carga vehicular, el clima, etc., lo que hace que la estructura envejezca prematuramente.

Ante esta problemática se opta por evaluar una carretera específica, correspondiente a la región de Puno, como es la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas (Tramo I), cuya vía es de fácil acceso. A partir de esta evaluación, se define el estado de condición de serviciabilidad del pavimento entre el periodo 2014 (pavimento nuevo) y 2018 (pavimento en servicio), en las secciones diferenciadas de acuerdo al trazo geométrico de la carretera.

Según lo planteado anteriormente, se realizan las siguientes interrogantes (ítem 1.2 e ítem 1.3) para el correspondiente estudio de evaluación del pavimento.

#### **1.2. Problema general**

- ¿Cuál es el estado de condición de serviciabilidad de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanilla (tramo I), respecto a su regularidad superficial?

#### **1.3. Problemas específicos**

- ¿Existen variaciones del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo plano de las progresivas del km 0+000-km 8+000, periodo 2014 y 2018?
- ¿Cuál es la diferencia de variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo accidentado de las progresivas del km 9+000-km 18+800, periodo 2014 y 2018?
- ¿Cuál es la diferencia de variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo plano de las progresivas del km 21+000-km 21+800, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo, derecho?

#### **1.4. Justificación**

Actualmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), emplea la medición de la regularidad superficial de los pavimentos como un medio para establecer la serviciabilidad, vida útil, control de calidad y aceptación de las carreteras nuevas. De acuerdo al Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (2006), “se debe tener

en consideración el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), como elemento de evaluación, medida y control de calidad de la superficie de rodadura”.

Según el Manual de carreteras, Diseño Geométrico (DG-2014), una carretera debe estar diseñada para resistir el volumen de tráfico, y “para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de 20 años”.

Pradena (2006), afirma que la medida de la regularidad superficial domina los valores estimados del Índice de Serviciabilidad, ya que entrega una percepción directa al usuario de la calidad de servicio de la vía. Añade también, que al ser posible representar el comportamiento de un pavimento en el tiempo con el valor del índice de serviciabilidad, en la práctica también se puede representar tal comportamiento a través del Índice de Regularidad Internacional, valor que está directamente relacionado con el comportamiento del pavimento en su vida útil, lo que permite tomar decisiones de intervención para una adecuada gestión vial.

Montejo (2002), redacta que una de las características que debe cumplir un pavimento es el de presentar una regularidad superficial que permita una adecuada comodidad a los usuarios, “tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación”.

Para este estudio se toma el tramo I de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas, cuya zona de intervención es de fácil acceso y da muchas facilidades para la elaboración de los ensayos, dicha vía también cuenta con un reducido volumen de tráfico. Se realiza el diagnóstico de condición de serviciabilidad llegando a observar si existen fallas prematuras, en las secciones ya diferenciadas, de esta manera se estará verificando el estado de serviciabilidad a partir de un método no destructivo manejable y económico con el equipo rugosímetro MERLIN.

Desde el 2014 sobre la carretera desvío Lampa- Caracara- Cabanilla- Cabanillas (Tramo I) ha pasado por diferentes factores que puedan envejecer de manera prematura la superficie de rodadura, como el factor climático o el volumen de tráfico, por lo que se quiere llegar al diagnóstico del estado de serviciabilidad de la carretera a nivel de su regularidad superficial, obteniendo de esta manera su condición de transitabilidad así como las variaciones entre los valores IRI del periodo 2014 y 2018, además de las variaciones en la sección de trazo plano y la sección de trazo accidentado.

Lograr una vía en buenas condiciones de transitabilidad permitirá el permanente acceso a los turistas nacionales e internacionales, considerando que Lampa es un lugar turístico, así como el traslado de los productos agropecuarios a los mercados nacionales y regionales, disminuirá los costos de transporte y consecuentemente generará mayores oportunidades de empleo y desarrollo socioeconómico de la población involucrada.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Diagnosticar el estado de condición de serviciabilidad de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas, tramo I, mediante el estudio de regularidad superficial.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Comparar el Índice de Regularidad Superficial de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas (tramo I), en la sección I de trazo plano, periodo 2014 y 2018.
- Contrastar los valores del Índice de Regularidad Superficial en la sección de trazo accidentado, periodo 2014 y 2018.
- Comparar los resultados del Índice de Regularidad Superficial en la sección de trazo plano, periodo 2014 y 2018.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes**

Badilla (2009), menciona en su artículo que mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)", se menciona que la evaluación de pavimentos proporciona información que puede ser utilizada tanto en el diseño como en la gestión de carreteras, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento y rehabilitaciones.

Además, la determinación de la regularidad superficial en el pavimento permite realizar inventarios del estado y la condición de la red vial y evaluar costos adicionales en los cuales pueden incurrir los usuarios por el uso de la carretera (Badilla, 2009).

En el artículo "Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados", publicado por la Universidad de Concepción en Chile, se menciona que la regularidad de un pavimento es muy utilizada actualmente, ya que es un factor que los usuarios perciben fácilmente. Además, menciona que "la medida de regularidad domina los valores estimados del Índice de Serviciabilidad, lo cual es una de las razones que han llevado al IRI a ser utilizado en todo el mundo ya que entrega una percepción directa al usuario de la calidad de servicio de la vía" (Pradena, 2006).

La importancia de la regularidad superficial está relacionada de manera directa con el comportamiento del pavimento en su vida útil, un pavimento con un IRI inicial menor implica una mayor vida útil por lo tanto una necesidad menor de intervención (Pradena, 2006).

En la Investigación "Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte- Zona Trujillo, para su mantenimiento", donde se tomaron dos tramos con una longitud de 29.60 kilómetros, evaluando el Índice de Regularidad Internacional utilizando el rugosímetro MERLIN, cumpliendo así las normas dadas por el Ministerio de Transportes y Comunicación. Los resultados fueron comparados con los históricos realizados en el año 1995 y 2013, con los que se constató la variación del IRI a través del tiempo. Concluyendo que el pavimento evaluado se encuentra en muy buenas condiciones de transitabilidad, necesitando refuerzos asfálticos en zonas localizadas (Sachún, 2016).

En la investigación “Evaluación del Estado del Pavimento por Deflectometría e Índice de Rugosidad Internacional de la carretera: Puno- Vilque- Mañazo- 4 km críticos- 2015”, se evalúa el estado del pavimento, llegando a la conclusión de que existe un desgaste considerable que ha sido evidenciado por el valor IRI. Teniendo que, el pavimento evaluado no cumple con las especificaciones técnicas y requerimientos que estipula el Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos (Ramos, 2017).

## 2.2. Definiciones generales

- **Carretera:** El MTC la define como un “camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes”. (Glosario de Términos, MTC, 2018).
- **Pavimento:** “Es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos. Conformada por las capas sub-base, base y carpeta de rodadura” (Glosario de Términos, MTC, 2018).
- **Rugosidad:** (sobre el pavimento), “es un parámetro que evalúa las deformaciones verticales de la capa de superficie de rodadura, expresándose mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI)” (Glosario de Términos, MTC, 2018).

Existen diferentes tipos de pavimento, de las cuales se puede dar un resumen descriptivo en la tabla 1 adaptada a partir de la recolección de diferentes autores.

Tabla 1.  
*Tipos de pavimentos*

Tipo de pavimento	Descripción
Pavimentos rígidos	Tienen mayor rigidez, distribuyen las cargas vehiculares hacia las capas inferiores.
Pavimentos mixtos o compuestos	Conformados por una capa de concreto hidráulico, cubierta con una capa asfáltica. Empleado en calles. Tienen mayor capacidad estructural y mejor desempeño.
Pavimentos con tratamiento superficial	Da características superficiales como textura, impermeabilidad, etc. Sin aumento de la capacidad resistente ni de regularidad superficial.
Pavimentos articulados	Conformada por bloques de concretos prefabricados en la capa de rodadura.
Pavimentos flexibles	Pueden sufrir deformaciones dentro de ciertos límites sin cambiar sus características de impermeabilidad y uniformidad. Compuestos de una carpeta asfáltica, base granular y de la capa sub base; requiere de un mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

*Nota:* Adaptado de la recopilación de diferentes autores. (Elaboración propia).



## **2.1. Características de un pavimento eficiente**

Para un adecuado funcionamiento y buen servicio de la vía es necesario que el pavimento cuente con ciertos requisitos que le otorguen calidad y durabilidad, Montejo (2002), menciona los siguientes:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito y a agentes de intemperismo. Además, un pavimento debe ser durable y económico. Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, ya que tiene influencia en la seguridad vial. También, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación. Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje, además de cumplir requerimientos medio ambientales y estéticos.

### **2.1.1. Evaluación de pavimentos**

Consiste en dar un informe sobre el estado en el que se encuentra la superficie y estructura de la vía, para adoptar medidas necesarias de reparación y mantenimiento. Esto permite determinar cómo intervenir un pavimento para prolongar su vida útil. Permite que se conozca a tiempo los deterioros presentes en la superficie y así realizar correcciones, consiguiendo dar al usuario una serviciabilidad óptima. “La evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas, ahorrando costos, cumpliendo objetivos de serviciabilidad” (Medina y De la Cruz, 2015).

### **2.1.2. Evaluación superficial**

Comprende los aspectos relacionados a la función y condición de la superficie del pavimento, que son la evaluación de fallas en la superficie, la evaluación funcional o de serviciabilidad del pavimento y la evaluación de la seguridad. La evaluación funcional del pavimento, está relacionada a la comodidad y transitabilidad que percibe un usuario de la vía. Se trata de conocer la serviciabilidad o rugosidad determinando el PSI o el IRI a través de medios subjetivos o instrumentales.

Para el diagnóstico del estado de la cartera de estudio de esta investigación se realiza una evaluación superficial tomando en cuenta el valor del IRI a partir del uso del equipo MERLIN, que más adelante se dará su respectiva descripción y modo de uso.

### **2.1.3. Evaluación estructural**

Consiste en la determinación de la capacidad portante del sistema del pavimento en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función (Hoffman y Del Águila, 1985).

### **2.2. Tipos de fallas en pavimentos flexibles**

Para identificar las fallas del pavimento y determinar la causa, es recomendable realizar un estudio de reconocimiento por lo menos una vez al año. A demás de la inspección visual, pueden emplearse pruebas destructivas y no-destructivas para determinar la condición. La identificación de la causa más probable de una determinada falla es de importancia para su evaluación, entre ellas el Manual De Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos, menciona las siguientes procedencias:

- Exagerado incremento de las cargas vehiculares: espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas, etc.
- Deficiencias en el proceso constructivo, así como un proyecto deficiente.
- Factores climáticos regionales: elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencias del drenaje superficial o subterráneo, congelamiento, etc.
- Deficiente conservación vial.

### **2.3. Regularidad superficial del pavimento**

La regularidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de sus irregularidades superficiales, con la comodidad al transitar sobre él; la regularidad no tiene relación con la textura, apariencia o acabado superficial de la capa de rodadura, sino más bien con las deformaciones que inciden en su perfil topográfico, como son las ondulaciones, los hundimientos, los ahuellamientos y los baches. Los fisuramientos tienen poca o ninguna incidencia en los resultados de regularidad (Vivar, 1998).

La American Society for Testing and Materials (ASTM E867) define a la regularidad como las desviaciones de una superficie de pavimento desde una superficie plana verdadera con características que afectan la dinámica del vehículo, calidad de viaje, cargas dinámicas y drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal y perfil transversal.

La calidad del pavimento se analiza determinando la regularidad superficial relacionada con las irregularidades verticales acumuladas a lo largo de 1 km, con respecto a un plano horizontal en un pavimento. En la figura 1 se detalla el perfil real de una carretera cuyas deformaciones señaladas representan la rugosidad superficial que pueda presentar.

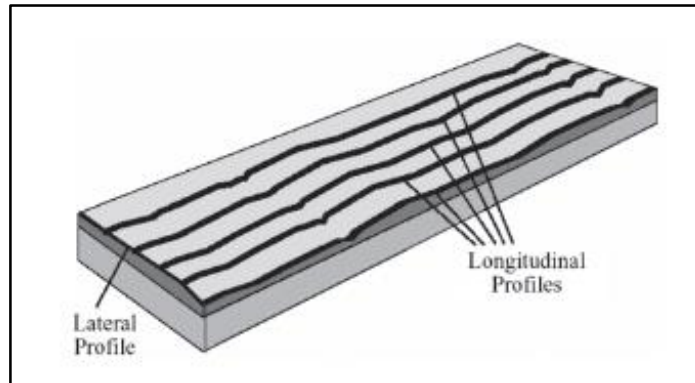


Figura 1. Perfil real de una carretera. Adaptado de “Análisis de Regularidad Superficial” por Pradena M. 2006.

Según Badilla (2009), la regularidad de la superficie de rodadura para la circulación de los vehículos tiene importancia en:

- Seguridad y comodidad de los usuarios de la vía, acciones de conservación de las vías. la rugosidad inicial de los pavimentos es un indicador de la calidad de la construcción de las vías
- Costos de operación vehicular, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en llantas y componentes mecánicos de los vehículos y mayor consumo de combustible.
- Efectos dinámicos, se refleja en las modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción).

Si el pavimento es construido con buena regularidad superficial se espera que su vida útil sea mayor que otro que tenga mayores deformaciones. El progreso de las irregularidades depende las cargas impuestas por el tráfico, el clima, la variabilidad de los materiales de construcción, el estado de la sub-rasante, variaciones de topografía, presencia de estructuras en la vía, entre otros aspectos.

Por lo tanto, es importante conocer la regularidad superficial del pavimento en cualquier momento desde el inicio de su periodo de servicio o de la vida útil, para definir las acciones de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) necesarias en el momento pertinente.

## 2.4. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se define como la acumulación del movimiento vertical que sufre la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) cuando este recorre la superficie a una velocidad de referencial de 80 km/h. Se define también como la alteración de perfil longitudinal de la vía, lo que provoca vibraciones en los vehículos.

El IRI fue aceptado como estándar de medida de regularidad superficial en las carreteras por el Banco Mundial en 1986, en sus publicaciones numéricas 45 y 46, donde explica con detalle el experimento internacional realizado en Brasil, a partir del cual, se llegó a la definición y aceptación del IRI. Este valor resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducida por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico. En la siguiente figura se muestra la representación física del Índice de Regularidad Superficial.

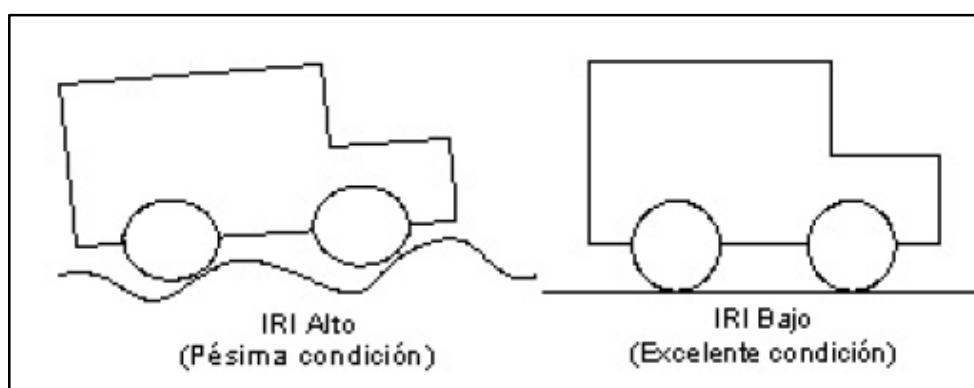


Figura 2. Representación física del Índice de Regularidad Internacional. Adaptado de “Desarrollo de un sistema para la conservación vial”. Por Lanammel UCR, 2008.

### 2.4.1. Métodos y equipos para la medición de la regularidad superficial

El Banco Mundial clasifica en 4 clases los equipos para medir la regularidad superficial, esto dependiendo de la forma de obtención del perfil longitudinal y el grado de precisión de las mediciones hechas por los equipos. (Pradena M. 2006).

Para esta investigación se hace uso de un equipo tipo respuesta (RTRRMS), como es el rugosímetro MERLIN. De acuerdo a la siguiente tabla se definen algunas características y observaciones de los equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial:

Tabla 2.

*Características de los equipos para medir la regularidad superficial.*

<b>Equipo</b>	<b>Grado de precisión</b>	<b>Implementación</b>	<b>Complejidad del equipo</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Nivel y mira topográfica</b>	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco practico y costos muy elevados para proyectos largos
<b>Dipstikc</b>	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco practico y costos elevados para proyectos largos.
<b>Perfilógrafos</b>	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar a nivel de red.
<b>Equipos tipo respuesta (RTRRMS)</b>	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, dependen del movimiento del vehículo.
<b>Perfilómetro inercial</b>	Muy alto	Monitorio de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Evaluación de redes viales grandes.

*Nota:* Adaptado de Ventura, J. *Determinación del Índice de Regularidad Superficial (IRI)*.

De acuerdo a lo mencionado por Badilla G. Elizondo A. y otros (2008), el valor IRI se determina a partir de un cálculo matemático hecho con las cotas de una línea de perfil longitudinal, cuyo resultado es independiente del método o equipo utilizado para la obtención del perfil.

#### **2.4.2. Escala y características del IRI**

La regularidad superficial se mide con el indicador denominado Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se expresa en m/km, mm/m, o, plg/milla. El valor más bajo es IRI= 0 m/km, para un perfil plano, y aunque no existe un límite superior para el IRI, en la

práctica los valores mayores a 8 m/km, se consideran como intransitables, excepto a velocidades reducidas, esto así lo define la especificación de ASTM E867 "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics".

El rango de la escala IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km, donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable, para una superficie con pendiente constante sin deformaciones, el IRI es igual a cero, (ver fig. 3). Los factores que afectan al mismo son el tránsito, el medio ambiente, etc., que ocasionan la disminución de la calidad superficial del pavimento.

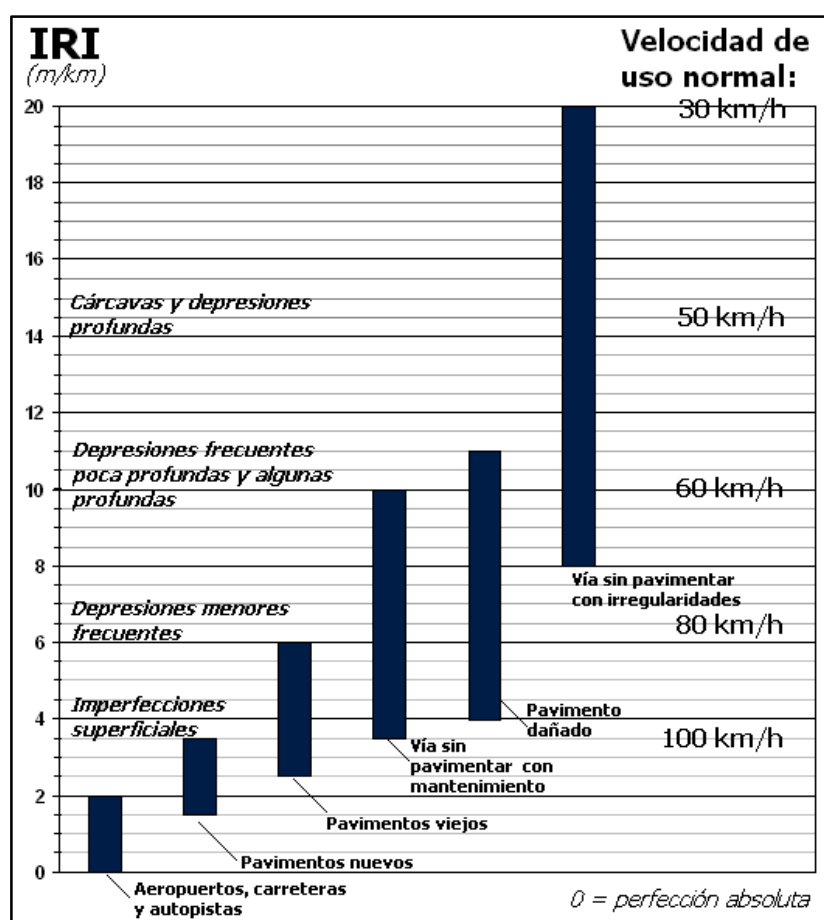


Figura 3. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.

El IRI como indicador estadístico de la irregularidad de la superficie de un pavimento representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (IRI=0) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida. (Badilla G. Elizondo A. y otros, 2008).

En cuanto al comportamiento típico de la condición superficial según la edad del pavimento se observa en la fig.4, cuyo gráfico muestra el avance del deterioro de un

pavimento en tres etapas. Se manifiesta que a medida que el pavimento recibe años de servicio el IRI aumenta disminuyendo la calidad del pavimento.

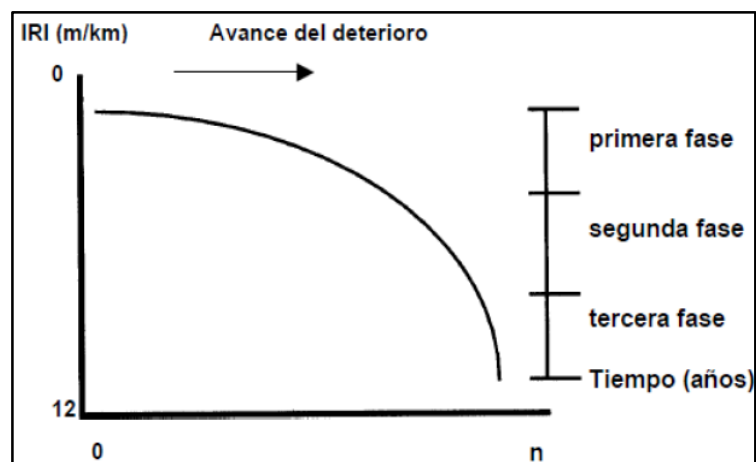


Figura 4. Gráfico típico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo. (Instituto Mexicano del Transporte 1998)

### 2.4.3. Normativa para la medición del IRI

Según el Manual de Carreteras de Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG- 2013, la regularidad superficial de la superficie de rodadura es medida y aprobada por el supervisor, esto durante el proceso de construcción del pavimento.

El Manual de Carreteras, Sección suelos y pavimentos, tiene como valores IRI lo representando en la tabla 3 (Valores recomendados para la rugosidad de un pavimento), para la rugosidad de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, así mismo para la rugosidad durante el periodo de servicio.

Tabla 3.  
Valores recomendados para la rugosidad de un pavimento

Tipo de carretera	IRI (pavimento nuevo)	IRI (pavimento reforzado)	IRI durante el tiempo de servicio	Confiabilidad
Autopista 6000 veh/día	2.00	2.50	3.50	95%
Duales 6000 y 4001 veh/día	2.00	2.50	3.50	95%
Primera clase 4000 – 2001 veh/día	2.50	3.00	4.00	95%
Segunda clase 2000 – 401 veh/día	2.50	3.00	4.00	90%
Tercera clase 400 – 201 veh/día	3.00	3.50	4.50	90%
Bajo volumen 200 veh/día	3.00	3.50	4.50	85%

Nota: IRI= Índice de Regularidad Internacional. Veh/día= vehículos por día. Adaptado del Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos.

Entre las diversas organizaciones que normalizan las mediciones de rugosidad (IRI) están ASSHTO, ASTM Y FWHA y el Banco Mundial que es el principal organismo que implementa la aplicación del IRI en la administración de carreteras. (Tabla 3).

Tabla 4.  
*Normativa Internacional para el control del IRI.*

NORMATIVA Y ORGANIZACIÓN	Requerimientos de IRI según el tipo de Superficie			
	Descripción	Carpeta asfáltica	Concreto hidráulico	Tratamiento superficial
ASTM E 1926-98	IRI, obtenido en sub-lotes de 0.1 km.	Presenta 02 escalas de valores IRI con descripción verbal, una para vías pavimentadas y otra para vías no pavimentadas.		
AASHTO PP-37-02	no especifica		no especifica	
FFWHA	Promedio de los valores de IRI, determinado en cada huella cada 100 metros.		no especifica	
BANCO MUNDIAL	promedio global de toda la medición	Presenta una escala de rugosidad para diferentes tipos de vías.		

*Nota:* Adaptado de Badilla G. Elizondo A. y otros (2008).

Existen diversas metodologías de control, en nuestro país se toma como referencias los lineamientos indicados en el Boletín N° 46 del Banco Mundial, para el caso de utilización de equipos de clase 3 y la norma ASTM e 950 para equipos de Clase 1.

Dichas normas tienen validez y respaldo dentro del contexto internacional; sin embargo, se requiere de un respaldo de organismo o entidades nacionales que normalicen, actualicen y adapten las metodologías a nuestro medio.

En la siguiente tabla se describen las normas que rigen en diferentes países según requerimientos de IRI de acuerdo al tipo de superficie del pavimento.



Tabla 5.  
Normativa Internacional según requerimientos de IRI

PAÍS	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE SUPERFICIE			
	METODOLOGÍA	MAC	CONCRETO	TRATAMIENTO SUPERFICIAL
Ministerio de Obras Públicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 metros. De sección homogénea (Media Móvil).	promedio de 5 secciones $\leq 2$ m/km		promedio de 5 secciones $\leq 3$ m/km
		promedio individual $\leq 2.8$ m/km		Promedio individual $\leq 4$ m/km
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos de 100 metros.	IRI $< 1.5$ m/km en 50% de las secciones del proyecto		
		IRI $< 2.0$ m/km en 80% de las secciones del proyecto		
		IRI $< 2.5$ m/km en 100% de las secciones del proyecto		
Estados Unidos WisDOT	IRI obtenido en tramos de 1609 km (1 milla).	IRI m/km		
		tiempo		
		$< 1.1$	pav. Nuevo	
		$< 1.17$	1 año	
		$< 1.29$	2 años	-
		$< 1.33$	3 años	-
Canadá	IRI obtenido en tramos de 100 metros.	$< 1.37$	4 años	
		$< 1.45$	5 años	
		IRI $\leq 1.2$ m/km en 70% de datos	-	-
Suecia	IRI en tramos de 200 metros.	IRI $\leq 1.4$ m/km en 100% de datos.	-	-
		IRI $\leq 1.4$ m/km		-
	IRI en tramos de 20 metros	IRI $\leq 1.4$ m/km en 100% de datos		-
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Para caminos RURALES: IRI obtenido en tramos de 100 metros.	IRI no mayor a 3 m/km	-	-
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Para INTERESTATALES: IRI obtenido en tramos de 100 metros.	IRI no mayor a 2 m/km	IRI no mayor a 2.5 m/km	-

Nota: Adaptado de Badilla G. Elizondo A. y otros (2008).

## 2.5. Rugosímetro MERLIN

Fue desarrollado por “Transportation Road Research Laboratory” (TRRL) e introducido al Perú en el año 1993, cuyo nombre responde a “Machine of Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation” (MERLIN), que traduciendo es Máquina de Evaluar la Rugosidad utilizando Instrumentación de bajo costo.

Es un equipo simple y económico, con el cual se obtiene el valor IRI muy preciso. Mide la rugosidad de un camino a partir de sus deformaciones longitudinales. Consiste en una estructura metálica de 1.80 metros de longitud, con una rueda al frente, un apoyo trasero y central, este último es el que mide las desviaciones verticales con respecto al

nivel de referencia. La figura contigua representa el esquema básico del equipo, según Del Águila (1999).

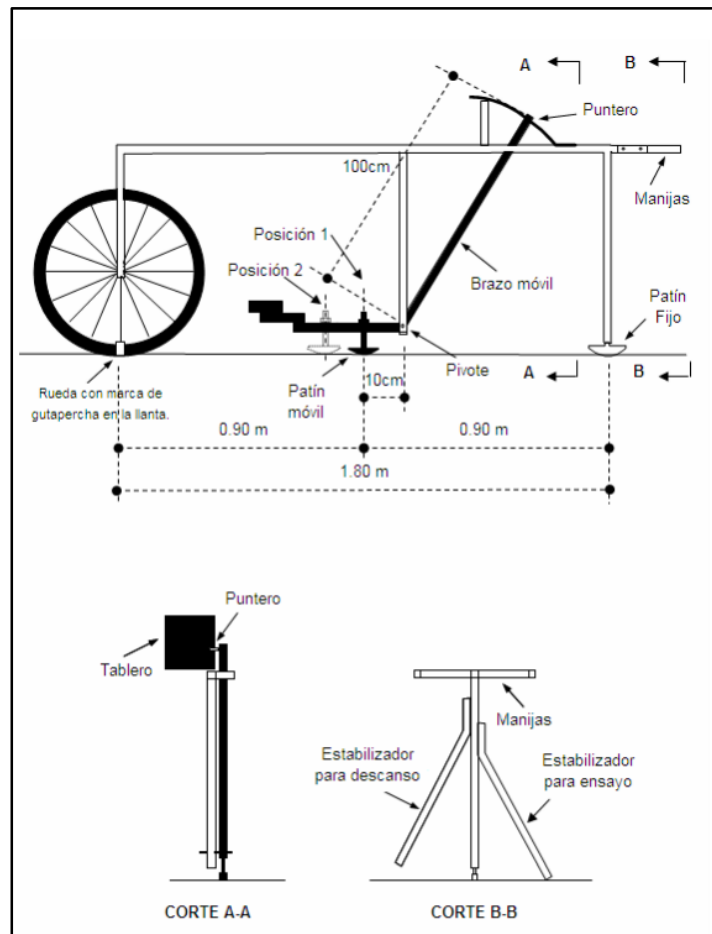


Figura 5. Esquema del Rugosímetro MERLIN. Adaptado de Del águila, 1999.

Actualmente se cuenta con diferentes equipos tecnológicos como se había mencionado anteriormente; que de una forma rápida determinan el estado actual de las carreteras, pero dichos equipos son de alto costo; por lo que para este estudio se propone utilizar el rugosímetro de MERLIN, el cual se basa en el principio de perfilómetro estático, con el objetivo de economizar tiempo y presupuesto, además es de fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

El equipo tiene un tablero en enumerado del 1 al 60, en donde cada división tiene un espaciado que mide 5 milímetros (mm), además esta diferenciados mediante elevaciones y depresiones según lo indica la siguiente imagen:

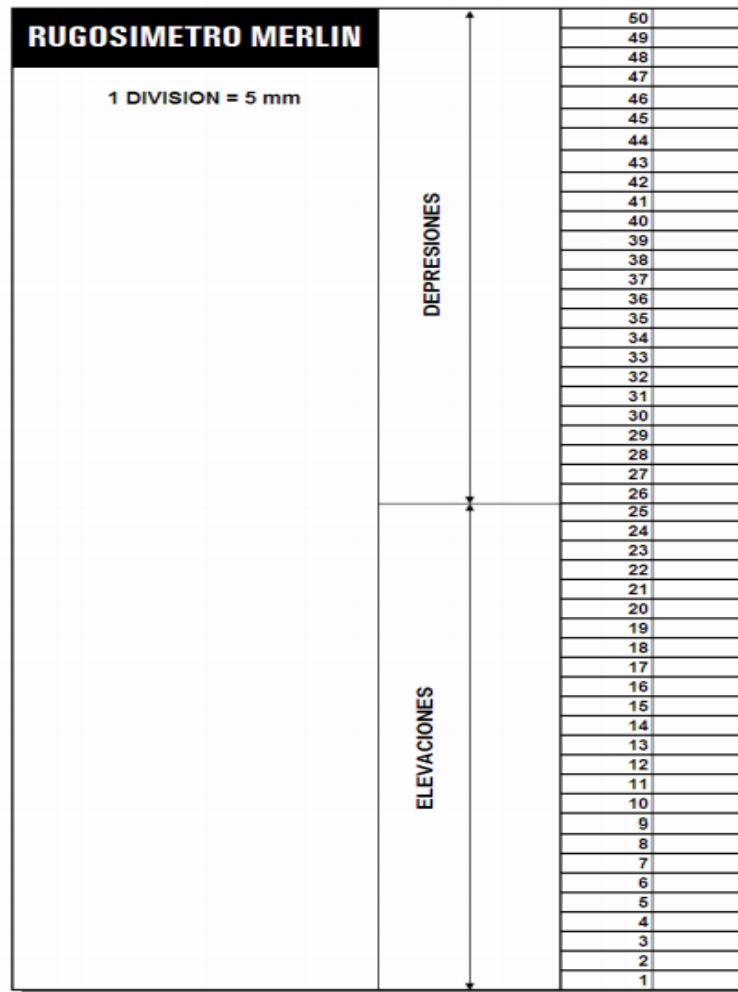


Figura 6. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento. (Del Águila, 1999).

### 2.5.1. Metodología del cálculo de regularidad superficial con el MERLIN

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La siguiente figura muestra la forma en como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. Tal desplazamiento es conocido como “desviación respecto a la cuerda promedio”, cuya longitud es de 2.10 metros.

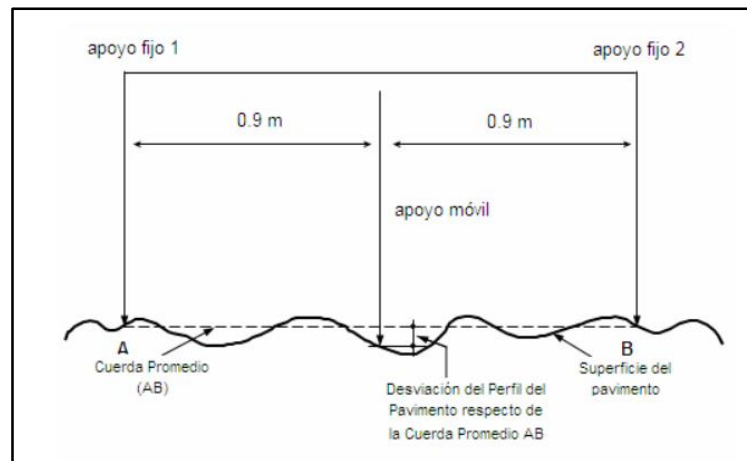


Figura 7. Medición de desplazamientos respecto a la cuerda promedio. (Del águila, 1999).

Asimismo, se define realizar 200 lecturas (400 metros aproximadamente) consecutivos a lo largo de la vía. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie, mayor será la variabilidad de los desplazamientos. Al definir el histograma de distribución de frecuencias de las mediciones, será posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (fig.8).

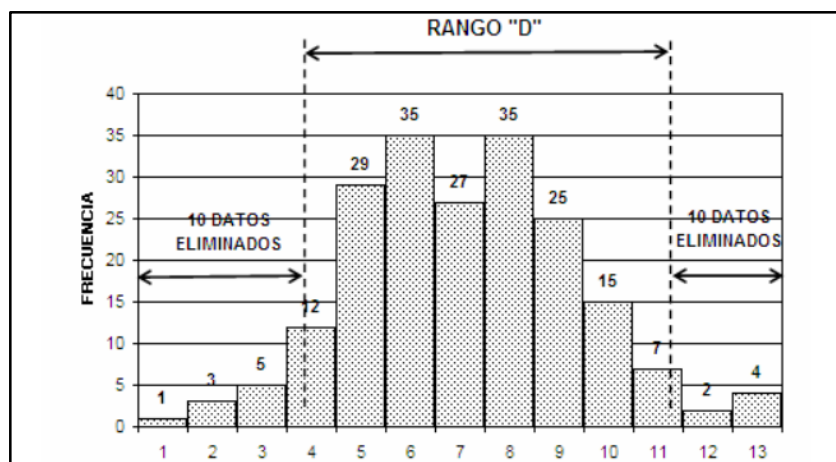


Figura 8: Histograma de distribución de frecuencias. (Del Águila, 1999).

El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar la eliminación de 10 datos en los extremos del histograma. El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.

### 2.5.2. Valor “D” para la obtención del IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN y el IRI, se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D \cdot 1$$

**Donde:**

IRI: Índice de Regularidad Superficial

D: Rango de valores para obtener IRI

El valor “D” tiene que ser corregido a partir de un factor de ajuste, el cual se determina teniendo el espesor de una pastilla de calibración, luego se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se realiza la lectura correspondiente a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso.

Se levanta el patín para luego colocar la pastilla debajo de este, lo que provocará que el puntero se desplace, valor que se multiplicará por 10, se usa la siguiente expresión:

$$F = (EP * 10) / (LI - LF) * 5$$

**Donde:**

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

## **2.6. Índice de serviciabilidad presente (PSI)**

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Cuyo valor varía de 0 a 5, en donde 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar), y el valor 0 indica el peor valor respecto a la comodidad. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro el PSI también decrece. (Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos, p. 137).

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), que establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento.

En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

$$R = 5.5 \ln (5.0 / \text{PSI}) \pm 25\%, \text{ para } R < 12$$

**Donde:**

R = Rugosidad (IRI)

PSI = Índice de Serviciabilidad Presente

“En las ecuaciones para determinar el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), se incluyen, dependiendo del tipo de pavimento, mediciones de ahuellamiento, agrietamiento, baches e irregularidades del pavimento; siendo esta ultima la que domina los valores estimados de serviciabilidad, esto significa que las irregularidades del pavimento tienen el mayor efecto en la evaluación de los usuarios que califican la calidad de rodado. Es posible representar el comportamiento de un pavimento en el tiempo a partir de valores del Índice de serviciabilidad, en la práctica también puede representar dicho comportamiento a través de la rugosidad” (Pradena M. 2006, pp. 16-22).

La calificación del estado de un pavimento a través del PSI es el resultado de una apreciación visual de la condición superficial del pavimento.

Los factores que influyen en la pérdida de serviciabilidad de un pavimento son el tráfico, medio ambiente y la edad del pavimento. La transitabilidad de la vía, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes valores:

Tabla 6.  
*Valores de PSI*

<b>PSI</b>	<b>Transitabilidad</b>
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

*Nota:* PSI=Índice de Serviciabilidad Presente.

## **Capítulo III**

### **Materiales y Métodos**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo cuantitativa, que, de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista, (2014), se define como un proceso sistemático, en donde se utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer algún patrón de comportamiento.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

Contando que esta investigación evalúa la condición del pavimento a partir de ensayos no destructivos, en las cuales se comparan los datos de regularidad superficial en 3 secciones diferenciadas según al trazo, que son dos secciones de trazo plano y una sección de trazo accidentado.

Por lo tanto, corresponde a un nivel de alcance correlacional- explicativo. Los estudios correlacionales permitirán saber cómo se puede comportar una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas; los estudios explicativos pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian.

#### **3.3. Diseño de la investigación**

De acuerdo a la clasificación de Hernández, et al. (2014) de una investigación cuantitativa, el diseño de esta investigación es: no experimental de tipo longitudinal, ya que se recolectaron los datos en el 2014 y 2018. Además, es retrospectivo ya que al identificar los valores de estudio en el periodo 2018, se relacionan con los valores del periodo 2014.

Sousa, Driessnack y Costa (2007), definen que el diseño no experimental que es usados para describir, diferenciar o examinar asociaciones, utiliza la observación, correspondiente a un tipo descriptivo- correlacional.

#### **3.4. Hipótesis de la investigación**

Rubio y Berlanga (2012), refieren que para realizar un proceso de asociación o no entre diferentes variables se parte de las hipótesis, que son suposiciones en donde su

validez de acepta o se rechaza. Hernández et al. (2014), añade que las hipótesis en una investigación cuantitativa se somete a una prueba estadística que será definida más adelante (ítem 3.6. método estadístico); tales pruebas contrastaran la veracidad o falsedad de las hipótesis enunciadas desde un punto de vista estadístico. (Rubio y Berlanga, 2012).

En seguida se formulan 3 hipótesis de investigación que responderán a las preguntas específicas planteadas, que serán sometidas a una prueba estadística de comprobación:

**H<sub>1</sub>:** Existe una mínima variación significativa de los valores IRI en la sección de trazo plano de las progresivas del km 0+000 al km 8+000, de los periodos 2014 y 2018.

**H<sub>2</sub>:** La variación entre el IRI de los periodos 2014 y 2014 indica que ha aumentado en la sección de trazo accidentado de las progresivas del km 9+000 al km 18+800.

**H<sub>3</sub>:** Existe una mínima variación del IRI en la sección de trazo plano de las progresivas del km 21+000 al km 21+800, que indica un aumento de rugosidad de los periodos 2014 y 2018.

### 3.5. Prueba de Hipótesis

Supo (2014), plantea 5 pasos para el proceso de la Prueba de Hipótesis, en base al planteamiento de Fisher, los cuales son:

- **Paso 1:** Formulación de Hipótesis; cuenta con la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), que vendría a ser las hipótesis de la investigación, las cuales se plantearon en el ítem 3.4. de este informe.
- **Paso 2:** Establecer el nivel de significancia; Hernández et al (2014), puntualiza dos niveles de significancia entre los más usados en investigación. Un nivel de significancia de 0.05, es decir, 95% de confianza, con un 5% de error. Un nivel de significancia de 0.01, que denota un 99% de confianza con un 1% de error.
- **Paso 3:** Elegir el estadístico de prueba; se debe tomar en cuenta el tipo de estudio, el nivel de investigación, el diseño de la investigación, el objetivo estadístico, las escalas de medición de las variables y el comportamiento de los datos (Supo, 2014). En la siguiente tabla enfatizamos dichos aspectos para elegir la prueba estadística.



Tabla 7.  
Elección del estadístico de prueba

Tipo de estudio no experimental	Medias de las variables	Tipo de variable	Prueba paramétrica
Estudio longitudinal		Variable numérica	
Datos recolectados del periodo 2014. Datos recolectados en el periodo 2018	Dos medidas	- IRI 2014 - IRI 2018	T de student para muestras relacionadas.
Nota: IRI 2014= Índice de Regularidad Superficial periodo 2014. IRI 2018=Índice de Regularidad Superficial periodo 2018. Elaboración propia.			

- **Paso 4:** Estimación del p-valor; para el cálculo de este valor, en la actualidad existen diversos softwares estadísticos que ayudan con su cálculo. se utilizó el software denominando IBM SPSS Statistics 22. Donde se analizaron los estadísticos descriptivos utilizando la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas, además para comprobar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Shapiro – Wilk.
- **Paso 5:** Toma de decisión estadística; se define con cual hipótesis quedarnos en función a la probabilidad de error. Si el p-valor está por debajo del nivel de significancia se acepta  $H_1$ ; sin embargo, si el p-valor está por encima del nivel de significancia, indica que hay mucho error, por lo que se acepta  $H_0$  (Supo, 2014).

### 3.6. Identificación de variables

Las variables cuantitativas se definen como una característica o propiedad que se presenta en diversos grados, tienen un carácter numérico. A continuación, se definen las variables independientes y dependientes que corresponden a esta investigación.

#### 3.6.1. Variable Independiente

Son variables explicativas, es decir, pueden explicar a las variables dependientes. Las variables independientes de esta investigación se muestran a continuación:

- IRI de la sección plana periodo 2014
- IRI de la sección accidentada periodo 2014
- IRI de la sección plana periodo 2018
- IRI de la sección accidentada periodo 2018.

### 3.6.2. Variable Dependiente

Reciben este nombre las variables que se tratan de explicar en función de otros elementos, siendo la condición de serviciabilidad de la superficie de rodadura - 2018 (en función de la regularidad superficial comparada en el 2014 y 2018).

### 3.6.3. Variables Intervinientes

Se trata de variables vinculadas funcionalmente a la variable dependiente y a la variable independiente y que producen un efecto en la relación existente entre esas variables. Las variables intervinientes para esta investigación vienen a ser el tiempo transcurrido desde el inicio de servicio a la fecha de evaluación de rugosidad siendo el inicio entre los meses de octubre y noviembre del 2018.

En el siguiente esquema se podrá observar las variables independientes IRI -2014 e IRI – 2018 con la variable interviniente, en donde a partir del estudio de las variables independientes se quiere obtener el estado de condición de serviciabilidad de la carretera al 2018, usando un método económico y de fácil manejo como son los ensayos con el rugosímetro MERLIN.

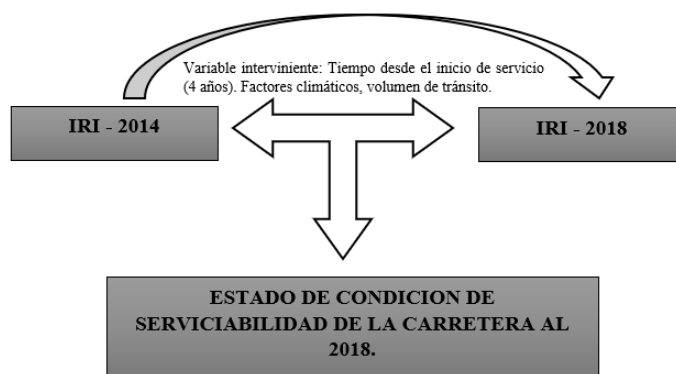


Figura 9. Esquematización de las variables de investigación.

### 3.6.4. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables está estrechamente vinculada al tipo de técnica, o, metodología empleadas para la recolección de datos. La definición operacional de las variables explica cómo se van a manipular o medir las variables, a partir de actividades o procedimientos.

Tabla 8.  
Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición	Medición
<b>Independientes: IRI - 2014 IRI - 2018.</b>	La regularidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de sus irregularidades superficiales con la comodidad al transitar sobre él.	Existencia de variaciones del IRI en la sección de trazo plano y accidentado.	Tipo de pavimento Relieve: plano y accidentado Edad del pavimento.	De intervalo o numérica	Unidades IRI
<b>Dependientes: condición de serviciabilidad.</b>	Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores. Relacionándose con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc. Que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura.	Cuando la condición de la vía decrece por deterioro el PSI también decrece. Si el valor IRI aumenta el valor PSI aumenta.	Edad del pavimento.	Ordinal	muy mala mala regular buena muy buena

*Nota:* IRI= Índice de Regularidad Internacional. PSI = Índice de Serviciabilidad Presente.  
Elaboración propia.

### 3.7. Método estadístico

Rubio y Berlanga (2012), en su artículo metodológico mencionan que las pruebas paramétricas dan una significación estadística que cuantifican la asociación o independencia entre una variable cuantitativa y una categórica.

Al definir el tipo de investigación y las variables, se deduce que el método estadístico para probar las hipótesis están dentro de las pruebas paramétricas.

Las pruebas paramétricas se clasifican en la prueba t (para una o para dos muestras relacionadas o independientes) y la prueba ANOVA (para más de dos muestras independientes). Por lo tanto, al conocer los requerimientos de una prueba paramétrica y la definición de las muestras de estudio de la investigación se elige la prueba T.

### 3.7.1. Prueba de significancia T

Es una prueba paramétrica de comparación de dos muestras (un antes y un después), cumpliendo con lo siguiente: asignación aleatoria de los grupos, nivel de intervalo (numérica) o de razón de la variable dependiente. Su función es comparar dos mediciones de puntuaciones (medias aritméticas) y determinar que la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa).

Gómez, Danglot y Vega (2013), acotan que la prueba T de Student es la prueba de hipótesis acerca de la media de una sola población, así como la valoración de las medias de dos grupos, para diferenciar si son diferentes entre sí.

Para comprobar la distribución de normalidad de los datos analizados, se realiza la prueba de Kolmogorov – Smirnov (muestras mayores a 30), o, la prueba de Shapiro – Wilk (muestras menores a 30). Según la tabla de a continuación, al tener un p-valor mayor al valor de significancia alfa de 0.05 se comprueba que los datos tienen una distribución normal.

Tabla 9.  
*Prueba de normalidad*

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (muestra menor a 30)			
p-valor (IRI-2014)	>	$\alpha=0.05$	
p-valor (IRI-2018)	>	$\alpha=0.05$	

*Nota:* p-valor (IRI-2014)=referido al valor del periodo 2014. p-valor (IRI-2018)= referido al valor del periodo 2018.  $\alpha$ = porcentaje de error (5%), nivel de significancia. (Elaboración propia).

#### - Hipótesis estadísticas:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Donde  $\mu_1$  indica que el valor IRI del periodo 2014 es igual a  $\mu_2$  valor IRI del periodo 2018.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde  $\mu_1$  indica que el valor IRI del periodo 2014 es diferente a  $\mu_2$  valor IRI del periodo 2018.

- **Nivel de significancia:**

$$\alpha = 0,05$$

- **Estadístico de prueba**

La fórmula a aplicar para el estadístico de prueba es la siguiente:

$$t_0 = \frac{\bar{D}_0}{s_D / \sqrt{n}}$$

Donde:

$t_0$ : tiene probabilidad de ocurrencia en la tabla de distribución t de Student con n-1 grados de libertad.

$\bar{D}$  : diferencia promedio entre los datos pareados.

$S_D$ : desviación estándar de las diferencias entre la pareja de datos (IRI<sub>2014</sub> – IRI<sub>2018</sub>)

$n$ : tamaño de muestra (número de parejas de datos).

- **Criterios de selección:**

Para definir si se acepta  $H_0$ , o, se rechaza  $H_0$  tomamos en cuenta el siguiente cuadro.

p-valor de la prueba t para muestras relacionadas		
p-valor	<	$\alpha=0.05$
Nota: p-valor= probabilidad obtenida de la prueba. $\alpha$ = porcentaje de error (5%) o nivel de significancia. Elaboración propia.		

- Si la probabilidad obtenida p-valor <  $\alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_i$
- Si la probabilidad obtenida p-valor >  $\alpha$ , no se rechaza  $H_0$ , y se acepta  $H_0$

### 3.8. Diagrama de flujo de la tesis

Para la mejor comprensión del desarrollo de este proyecto de tesis se elabora un diagrama de flujo plasmado en la figura 10, teniendo en cuenta los pasos a seguir.

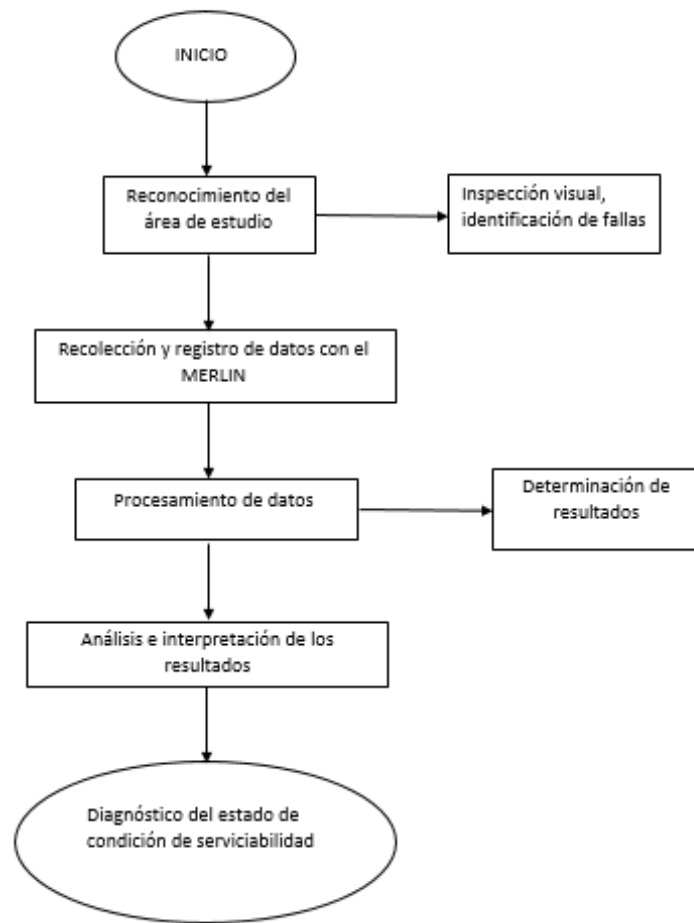


Figura 10. Diagrama de flujo. (Elaboración propia).

### 3.9. Población y muestra

#### 3.9.1. Población a nivel de longitud

La carretera tiene una longitud total de 21.906 kilómetros, según el expediente técnico del proyecto. De acuerdo a los ensayos previos se ha comprobado que cada prueba con el equipo rugosímetro MERLIN se da en tramos de 400 metros.

En las tablas 10 y 11 se muestran la cantidad de tramos que involucra la longitud total de la población, además de las longitudes de ensayos para cada progresiva; tanto para el carril derecho e izquierdo respectivamente.

Tabla 10.  
Población de estudio a nivel de longitud /carril derecho

N°	Progresivas	Longitud en metros (m)	Longitud en m. para cada ensayo		
1	km 0+000	1000	400	400	200
2	km 1+000	1000	400	400	200
3	km 2+000	1000	400	400	200
4	km 3+000	1000	400	400	200
5	km 4+000	1000	400	400	200
6	km 5+000	1000	400	400	200
7	km 6+000	1000	400	400	200
8	km 7+000	1000	400	400	200
9	km 8+000	1000	400	400	200
10	km 9+000	1000	400	400	200
11	km 10+000	1000	400	400	200
12	km 11+000	1000	400	400	200
13	km 12+000	1000	400	400	200
14	km 13+000	1000	400	400	200
15	km 14+000	1000	400	400	200
16	km 15+000	1000	400	400	200
17	km 16+000	1000	400	400	200
18	km 17+000	1000	400	400	200
19	km 18+000	1000	400	400	200
20	km 19+000	1000	400	400	200
21	km 20+000	1000	400	400	200
22	km 21+906	906	400	400	106
<b>Total</b>		21906			

*Nota:* Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, para el carril derecho se tiene una longitud de estudio de 21906 metros; es decir, 21.906 kilómetros; por cada 1000 metros de cada progresiva, se realizarán 2 ensayos de 400 metros correspondientes a la metodología del rugosímetro MERLIN; teniendo 55 ensayos para todo el tramo del carril derecho.

Tabla 11.

*Población de estudio a nivel de longitud / carril izquierdo*

<b>N°</b>	<b>Progresivas</b>	<b>Longitud en metros (m)</b>	<b>Longitud en metros para cada ensayo</b>		
1	km 0+000	1000	400	400	200
2	km 1+000	1000	400	400	200
3	km 2+000	1000	400	400	200
4	km 3+000	1000	400	400	200
5	km 4+000	1000	400	400	200
6	km 5+000	1000	400	400	200
7	km 6+000	1000	400	400	200
8	km 7+000	1000	400	400	200
9	km 8+000	1000	400	400	200
10	km 9+000	1000	400	400	200
11	km 10+000	1000	400	400	200
12	km 11+000	1000	400	400	200
13	km 12+000	1000	400	400	200
14	km 13+000	1000	400	400	200
15	km 14+000	1000	400	400	200
16	km 15+000	1000	400	400	200
17	km 16+000	1000	400	400	200
18	km 17+000	1000	400	400	200
19	km 18+000	1000	400	400	200
20	km 19+000	1000	400	400	200
21	km 20+000	1000	400	400	200
22	km 21+906	906	400	400	106
<b>Total</b>		21906			

*Nota:* Elaboración propia.

Con referencia a las tablas anteriores se deduce que se tiene una población total de estudio de 43.812 kilómetros, es necesario trabajar la longitud en metros para definirlos en trechos de 400 metros, según lo que le corresponde a cada ensayo, por lo tanto se tiene la siguiente tabla:

Tabla 12.

*Población total de estudio a nivel de longitud*

<b>Longitud de la población (N) en km.</b>	<b>Longitud de la población (N) en m.</b>
43.812	43812

*Nota:* km= distancia en kilómetros de la población de estudio. m= distancia en metros de la población de estudio. (Elaboración Propia).



Por lo tanto, 43812 metros vienen a ser la población (N) de estudio para el desarrollo del diagnóstico del estado de condición de serviciabilidad del tramo I de la carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas mediante el estudio de regularidad superficial.

### 3.10. Población a nivel de ensayos

De acuerdo a los 43812 metros de población de longitud de estudio se requiere distribuirlos en tramos de 400 metros, obteniendo 55 ensayos para el carril derecho y 55 ensayos para el carril izquierdo en las mismas progresivas delimitadas según las tablas 13 y 14 para los carriles derecho e izquierdo respectivamente, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 13.

*Delimitación del número de ensayos de la población / carril derecho*

Nº de ensayo	Inicio de ensayo	Final de ensayo	Nº de ensayo	Inicio de ensayo	Final de ensayo
1	Km 0+000	km 0+400	30	Km 11+600	Km 12+000
2	km 0+400	Km 0+800	31	Km 12+000	Km 12+400
3	Km 0+ 800	Km 1+200	32	km 12+400	km 12+800
4	Km 1+200	Km 1+600	33	km 12+800	km 13+200
5	Km 1+600	Km 2+000	34	km 13+200	km 13+600
6	Km 2+000	Km 2+ 400	35	km 13+600	km 14+000
7	Km 2+400	Km 2+800	36	km 14+000	km 14+400
8	Km 2+800	Km 3+200	37	km 14+400	km 14+800
9	Km 3+200	Km 3+600	38	km 14+800	km 15+200
10	Km 3+600	Km 4+000	39	km 15+200	km 15+600
11	Km 4+000	Km 4+400	40	km 15+600	km 16+000
12	Km 4+400	Km 4+800	41	km 16+000	km 16+400
13	Km 4+800	Km 5+200	42	km 16+400	km 16+800
14	Km 5+200	Km 5+600	43	km 16+800	km 17+200
15	Km 5+600	Km 6+000	44	km 17+200	km 17+600
16	Km 6+000	Km 6+400	45	km 17+600	km 18+000
17	Km 6+400	Km 6+800	46	km 18+000	km 18+400
18	Km 6+800	Km 7+200	47	km 18+400	km 18+800
19	Km 7+200	Km 7+600	48	km 18+800	km 19+200
20	Km 7+600	Km 8+000	49	km 19+200	km 19+600
21	Km 8+000	Km 8+400	50	km 19+600	km 20+000
22	Km 8+400	Km 8+800	51	km 20+000	km 20+400
23	Km 8+800	Km 9+200	52	km 20+400	km 20+800
24	Km 9+200	Km 9+600	53	km 20+800	km 21+200
25	Km 9+600	Km 10+000	54	km 21+200	km 21+600
26	Km 10+000	Km 10+400	55	km 21+600	km 22+000
27	Km 10+400	Km 10+800			
28	Km 10+800	Km 11+200			
29	Km 11+200	Km 11+600			

*Nota:* Delimitación a cada 400 metros según progresivas. (Elaboración propia).

Tabla 14.  
población de nivel de ensayos/carril izquierdo

Nº de ensayo	Inicio de ensayo	Final de ensayo	Nº de ensayo	Inicio de ensayo	Final de ensayo
1	km 0+000	km 0+400	30	km 11+600	km 12+000
2	km 0+400	km 0+800	31	km 12+000	km 12+400
3	km 0+ 800	km 1+200	32	km 12+400	km 12+800
4	km 1+200	km 1+600	33	km 12+800	km 13+200
5	km 1+600	km 2+000	34	km 13+200	km 13+600
6	km 2+000	km 2+ 400	35	km 13+600	km 14+000
7	km 2+400	km 2+800	36	km 14+000	km 14+400
8	km 2+800	km 3+200	37	km 14+400	km 14+800
9	km 3+200	km 3+600	38	km 14+800	km 15+200
10	km 3+600	km 4+000	39	km 15+200	km 15+600
11	km 4+000	km 4+400	40	km 15+600	km 16+000
12	km 4+400	km 4+800	41	km 16+000	km 16+400
13	km 4+800	km 5+200	42	km 16+400	km 16+800
14	km 5+200	km 5+600	43	km 16+800	km 17+200
15	km 5+600	km 6+000	44	km 17+200	km 17+600
16	km 6+000	km 6+400	45	km 17+600	km 18+000
17	km 6+400	km 6+800	46	km 18+000	km 18+400
18	km 6+800	km 7+200	47	km 18+400	km 18+800
19	km 7+200	km 7+600	48	km 18+800	km 19+200
20	km 7+600	km 8+000	49	km 19+200	km 19+600
21	km 8+000	km 8+400	50	km 19+600	km 20+000
22	km 8+400	km 8+800	51	km 20+000	km 20+400
23	km 8+800	km 9+200	52	km 20+400	km 20+800
24	km 9+200	km 9+600	53	km 20+800	km 21+200
25	km 9+600	km 10+000	54	km 21+200	km 21+600
26	km 10+000	km 10+400	55	km 21+600	km 22+000
27	km 10+400	km 10+800			
28	km 10+800	km 11+200			
29	km 11+200	km 11+600			

*Nota:* Delimitación a cada 400 m según progresivas. (Elaboración propia).

Por lo tanto, se tiene una población total de ensayos de 110 distribuidas en los 43812 metros de población longitudinal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15.  
Población total de estudio a nivel de longitud y ensayos.

Población a nivel de longitud		Población a nivel de ensayos	
<b>43812 km</b>	21.906 km carril derecho	<b>110</b>	55 para el carril derecho
	21.906 km carril izquierdo		55 para el carril izquierdo

*Nota:* km=kilómetros. (Elaboración propia).

### 3.11. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población que se utiliza por economía de tiempo y recursos, implica definir la unidad de muestreo y de análisis, además, requiere delimitar la población para generalizar resultados y establecer parámetros. (Hernández et. al, 2014).

Ya teniendo la población (N) igual a 43812 de longitud de estudio y 110 ensayos como población (N) a nivel de ensayos con el rugosímetro MERLIN.

Tomando en cuenta la visualización de la carretera y apoyándonos con los datos del expediente definimos tres secciones para estratificar el tramo, de la siguiente manera:

Tabla 16.  
*Características de las progresivas de estudio*

	Progresiva	Longitud (km)	Topografía Representativa	Clasificación Tipo	Velocidad Directriz
<b>Sección I</b>	km 0+000 – km 8+000	8.00	Plano a ondulado	2	40-50 km/h
<b>Sección II</b>	km 8+000 – km 19+000	11.00	Ondulada a accidentada	3	30 km/h
<b>Sección III</b>	km 19+000 – km 21+906	2.906	Plano a ondulado	2	40-50 km/h

*Nota:* Adaptado del Expediente Técnico “Mejoramiento de la carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas (Tramo I dv. Caracara-Lampa)” estudio topográfico- 2014.

- Sección I y III: Km 0+000 – km 8+0000 y km 19+000 – km 21+906, presenta una topografía plana que varía entre llana a ondulada, sin presencia de quebradas, la sinuosidad del trazo existente es mínima, con tangentes largas, enlazadas con curvas circulares de radios variables y amplios, con pendientes moderadas.
- Sección II: km 8+000 – km 19+000, presenta una topografía muy accidentada con presencia de quebradas, el trazo existente es sinuoso con tangentes cortas, enlazadas por curvas circulares de radio variable.

### 3.12. Método de muestreo

Se realizó el muestreo aleatorio estratificado, usando la fórmula para muestras finitas, ya que se conoce el tamaño de la población; además, se ve por conveniente realizar el muestreo a nivel de longitud y ensayos.

#### Fórmula para muestras finitas

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N-1) + (Z^2 * p * q)}$$

Dónde: Z = nivel de confianza (correspondiente con tabla de valores de Z)

p = porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q = porcentaje de la población que no tiene atributo deseado =1-p

N= tamaño del universo

e= error de estimación máximo aceptado

n= tamaño de la muestra

### 3.12.1. Determinación de tamaño de muestra a nivel de la longitud de la carretera

De acuerdo a la fórmula mostrada en el ítem anterior, se calcula la muestra a nivel de longitud de la carretera en estudio, teniendo los siguientes datos:

$$Z= 1.96 \quad p= 95\% \quad q= 5\% \quad N= 43.812 \text{ km} \quad e=6\%$$

Aplicando la fórmula, se obtiene una muestra “n” de 23.61 km con un nivel de confianza del 95%. Además, en la tabla 17 se resumen las poblaciones en términos de longitud para las secciones I, II y III delimitadas por el muestreo aleatorio estratificado.

Tabla 17.

*Población y muestra de las secciones I, II, III en términos de longitud*

	Kilómetros	
	Población (N)	Muestra (n)
<b>Sección I</b>	16.000 km	8.780 km
<b>Sección II</b>	22.000 km	10.230 km
<b>Sección III</b>	5.812 km	4.600 km
<b>Total</b>	43.812 km	23.610 km

*Nota:* N= población total de estudio en términos de longitud (km). n= tamaño de muestra total en términos de longitud (km). (Elaboración propia).

### 3.12.2. Determinación del tamaño de muestra a nivel de ensayos

Según la fórmula para muestras finitas del ítem 3.12, reemplazamos los siguientes datos para obtener una muestra a nivel de ensayos:

$$Z= 1.96 \quad p= 95\% \quad q= 5\% \quad N= 109.53 \quad e= 6\%$$

Obteniendo: **n= 34.98**

Por lo tanto, para una población de ensayos de 109.53 ensayos se tiene una muestra de 34.98 ensayos con un nivel de confianza del 95%. En la tabla. 18 se observa la población y muestra obtenida para cada sección de estudio.

Tabla 18.

*Población y muestra de las secciones I, II, III en términos de ensayos*

	Ensayos	
	Población (N)	Muestra (n)
<b>Sección I</b>	40.000	12.750
<b>Sección II</b>	55.000	13.890
<b>sección III</b>	14.530	8.340
<b>Total</b>	109.530	34.980

*Nota:* N= población total de estudio en términos de ensayos. n= tamaño de muestra total en términos de ensayos. (Elaboración propia).

En la siguiente tabla se aprecia la relación de población y muestra a nivel de ensayos y longitud, para llegar una mejor comprensión de estudio y una mejor elección de las muestras de estudio.

Tabla 19.

*Relación población / muestra a nivel de ensayos y longitud*

<b>N long (km)</b>	<b>N ensayos</b>	<b>n ensayos</b>	<b>cantidad en km para n ensayos</b>
16	40	12.75	5.100
22	55	13.89	5.556
5.812	14.53	8.34	3.336
<b>43.812</b>	<b>109.53</b>	<b>34.98</b>	<b>13.992</b>

*Nota:* N= población total de estudio en km y ensayos. n= tamaño de muestra total en términos de ensayos. (Elaboración propia).

Se hace la elección de la muestra de estudios de acuerdo al muestreo a nivel de ensayos. Para una mejor comprensión, es conveniente aproximar los datos anteriores, teniendo que realizar 36 ensayos en 15 km. (tabla. 22).

Tabla 20.

*Aproximación de la muestra de ensayos para una cantidad de longitud*

<b>Secciones</b>	<b>n ensayos</b>	<b>cantidad en km para n ensayos</b>
Sección I	14	6.000
Sección II	14	6.000
Sección III	8	3.000
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>15.000</b>

*Nota:* N= población total de estudio en km y ensayos. n= tamaño de muestra total en términos de ensayos. (Elaboración propia).

### 3.12.3. Delimitación de secciones de estudio

De acuerdo a los ensayos de prueba, así como las referencias teóricas, se define un trecho de 400 metros para cada ensayo, distribuidos de la siguiente manera:

- **Sección I:** Delimitada en 46 ensayos, 23 para cada carril. En la tabla. 23 se plasma la distribución enumerada de ensayos en ambos carriles.

Para tener una mayor referencia de las secciones transversales que más sobresalen en la sección I, se referencia a la figura. 11; correspondiente a la progresiva km 0+000; las secciones restantes se adjuntan en el anexo I.

Tabla 21.

Delimitación de la población en tramos de 400m /sección 1- carriles derecho e izquierdo

I	2	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	24	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
D	1	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
N°	PROGRESIVAS																						
1	km 0+400	km 0+000																					
2	km 0+800	km 0+400																					
3	km 1+200	km 0+800																					
4	km 1+600	km 1+200																					
5	km 2+000	km 1+600																					
6	km 2+400	km 2+000																					
7	km 2+800	km 2+400																					
8	km 3+200	km 2+800																					
9	km 3+600	km 3+200																					
10	km 4+000	km 3+600																					
11	km 4+400	km 4+000																					
12	km 4+800	km 4+400																					
13	km 5+200	km 4+800																					
14	km 5+600	km 5+200																					
15	km 6+000	km 5+600																					
16	km 6+400	km 6+000																					
17	km 6+800	km 6+400																					
18	km 7+200	km 6+800																					
19	km 7+600	km 7+200																					
20	km 8+000	km 7+600																					
21	km 8+400	km 8+000																					
22	km 8+800	km 8+400																					
23	km 9+200	km 8+800																					

Nota: I=carril izquierdo. D=carril derecho. (Elaboración propia).

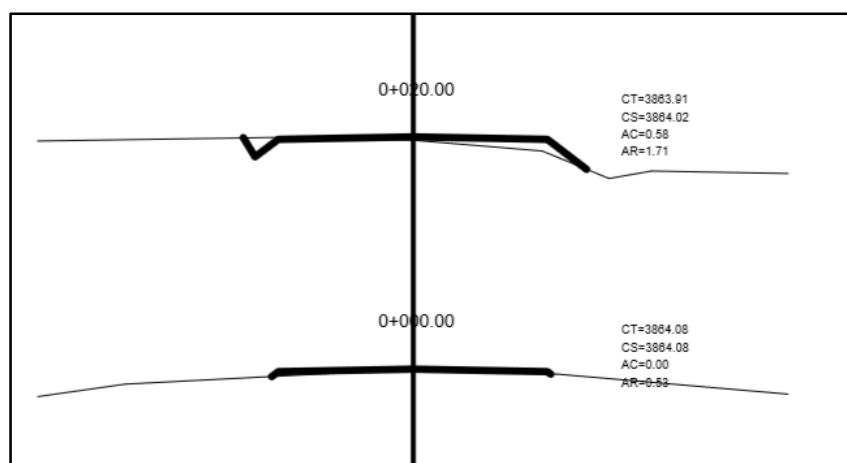


Figura 11. Sección transversal representativa km 0+000. Adaptado de expediente técnico "Mejoramiento del tramo I de la carretera dv. Caracara. Lampa- Cabanilla- Cabanillas-2014".

Teniendo 23 progresivas de intervención en el carril derecho y 23 progresivas de intervención en el carril izquierdo, se realizan 7 ensayos en el carril derecho y 7 ensayos en el carril izquierdo, haciendo un total de 14; cuyas progresivas de estudio se eligen al azar, convenientemente para el mejor proceso de la ejecución del ensayo con el rugosímetro MERLIN.

En la siguiente tabla se enumeran las progresivas correspondientes a la sección I.

Tabla 22.

*Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección I.*

N°	Carril derecho	Carril izquierdo
1	km 0+000 al km 0+400	km 0+000 al km 0+400
2	km 0+400 al km 0+800	km 0+400 al km 0+800
3	km 2+400 al km 2+800	km 2+400 al km 2+800
4	km 2+800 al km 3+200	km 2+800 al km 3+200
5	km 4+800 al km 5+200	km 4+800 al km 5+200
6	km 5+200 al km 5+600	km 5+200 al km 5+600
7	km 7+200 al km 7+600	km 7+200 al km 7+600

*Nota:* Elaboración propia.

En la figura 12 se manifiesta una referencia visual de la condición de la carretera en el periodo de elaboración de ensayos que fue en los meses de octubre y noviembre del 2018.



*Figura 12.* Referencia de la Sección I de trazo plana o llano, km 0+000 - km 8+000. (Elaboración propia)

- **Sección II:** La tabla 25 muestra la distribución de los ensayos de regularidad superficial a cada 400 m desde la progresiva km 9+200 hasta el km 18+800, para ambos carriles, teniendo 48 ensayos, en donde 24 le corresponde a cada carril.

La delimitación de la población para tramos de 400 metros, de la sección II, se observa en la tabla 25, además, en la Figura 13 se representa la sección transversal del km 12+000.

Tabla 23.

Delimitación de la población en tramos de 400m /sección II - carriles derecho e izquierdo

I	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	79	81	83	85	87	89	91	93	95
D	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
N°	PROGRESIVAS																							
1	km	9+200	km	9+600																				
2	km	9+600	km	10+000																				
3	km	10+000	km	10+400																				
4	km	10+400	km	10+800																				
5	km	10+800	km	11+200																				
6	km	11+200	km	11+600																				
7	km	11+600	km	12+000																				
8	km	12+000	km	12+400																				
9	km	12+400	km	12+800																				
10	km	12+800	km	13+200																				
11	km	13+200	km	14+600																				
12	km	14+600	km	14+000																				
13	km	14+000	km	14+400																				
14	km	14+400	km	14+800																				
15	km	14+800	km	15+200																				
16	km	15+200	km	15+600																				
17	km	15+600	km	16+000																				
18	km	16+000	km	16+400																				
19	km	16+400	km	16+800																				
20	km	16+800	km	17+200																				
21	km	17+200	km	17+600																				
22	km	17+600	km	18+000																				
23	km	18+000	km	18+400																				
24	km	18+400	km	18+800																				

Nota: I=carril izquierdo. D=carril derecho. (Elaboración propia).

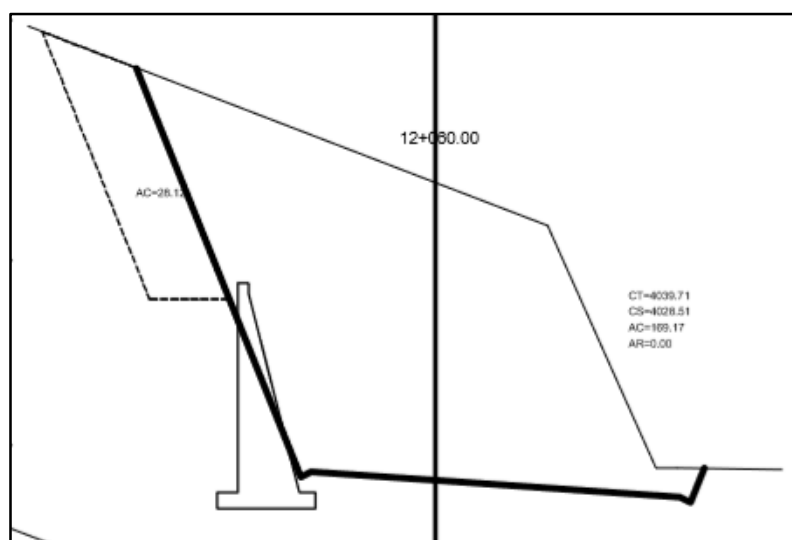


Figura 13. Sección transversal representativa km 12+000. Adaptado de expediente técnico "Mejoramiento del tramo I de la carretera dv. Caracara. Lampa- Cabanilla- Cabanillas-2014"

Por lo tanto, tomando como referencia la tabla. 24, y que a la sección II le corresponden 14 ensayos según el muestreo, elegimos las progresivas a estudiar, las cuales se enumeran en la tabla continua.



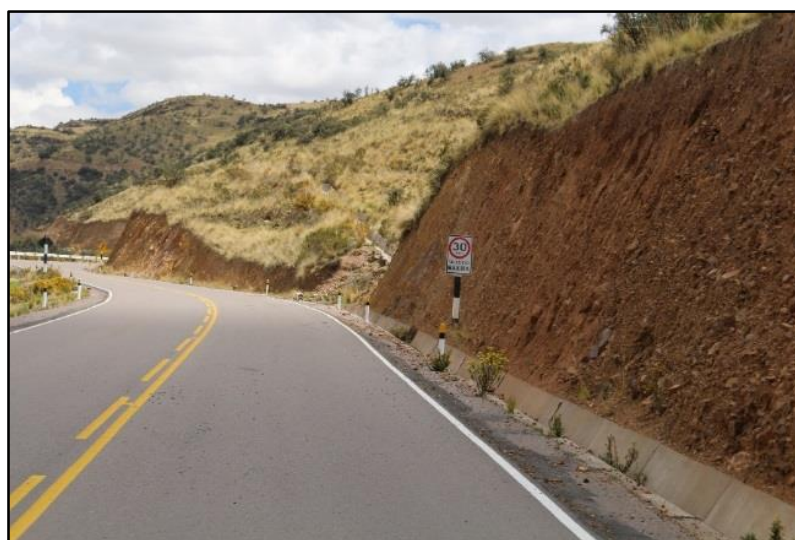
Tabla 24

*Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección II.*

N°	Carril derecho	Carril izquierdo
1	km 9+200 al km 9+600	km 9+200 al km 9+600
2	km 9+600 al km 10+000	km 9+600 al km 10+000
3	km 12+000 al km 12+400	km 12+000 al km 12+400
4	km 12+400 al km 12+800	km 12+400 al km 12+800
5	km 15+200 al km 15+600	km 15+200 al km 15+600
6	km 15+600 al km 16+000	km 15+600 al km 16+000
7	km 18+000 al km 18+400	km 18+000 al km 18+400

*Nota:* km= kilómetro. (Elaboración Propia).

Dada la lista de progresivas a estudiar, en la siguiente imagen se observa una fotografía tomada como referencia visual de la sección II, en donde se aprecia la zona accidentada del trecho.



*Figura 14.* Referencia de la Sección II de trazo ondulado accidentado, km 8+000 - km 19+000. (Elaboración propia).

- **Sección III:** La tabla 25 muestra la distribución de los ensayos de regularidad en trechos de 400 m desde la progresiva km 18+800 hasta el km 19+200, teniendo 48 ensayos, en donde 24 le corresponde a cada carril. En la Figura 15 se representa la sección transversal del km 12+000.

Tabla 25.

Delimitación de la población en tramos de 400m/ sección III - carriles derecho e izquierdo

I	97	99	101	103	105	107	109	110
D	96	98	100	102	104	106	108	
N°	PROGRESIVAS							
1	km 18+800	km 19+200	km 19+600	km 20+000	km 20+400	km 20+800	km 21+200	km 21+600
2	km 19+200	km 19+600	km 20+000	km 20+400	km 20+800	km 21+200	km 21+600	km 21+906
3	km 19+600	km 20+000	km 20+400	km 20+800	km 21+200	km 21+600	km 21+906	
4	km 20+000	km 20+400	km 20+800	km 21+200	km 21+600	km 21+906		
5	km 20+400	km 20+800	km 21+200	km 21+600	km 21+906			
6	km 20+800	km 21+200	km 21+600	km 21+906				
7	km 21+200	km 21+600	km 21+906					
8	km 21+600	km 21+906						

Nota: I=carril izquierdo. D=carril derecho. (Elaboración propia).

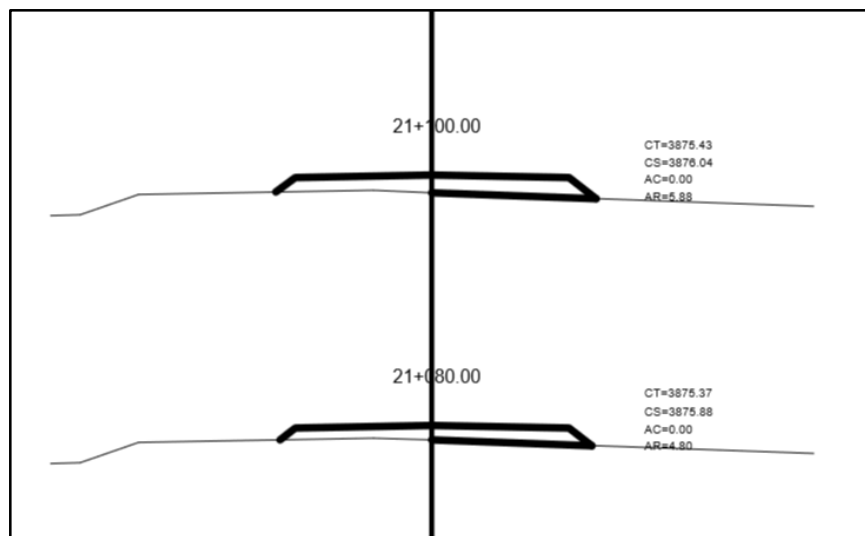


Figura 15. Sección transversal representativa km 0+000. Adaptado de expediente técnico "Mejoramiento del tramo I de la carretera dv. Caracara. Lampa- Cabanilla- Cabanillas-2014".

Entonces, se eligen las progresivas de estudio en tramo de 400 m, para ambos carriles, las cuales se enlistan en la tabla 28; además, 4 ensayos le corresponden a la carril derecho y 4 al carril izquierdo, haciendo un total de 8 ensayos para 3 km de la vía.

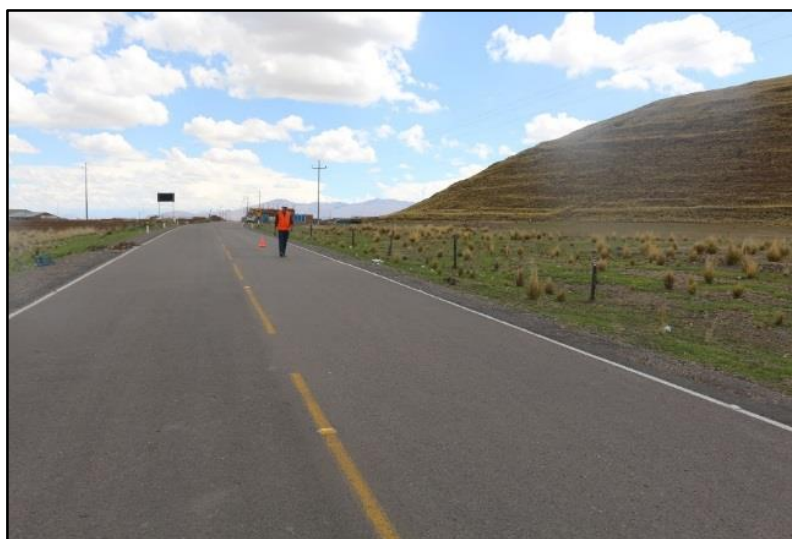
Tabla 26

*Progresivas de estudio para los carriles derecho e izquierdo / sección III.*

N°	Carril derecho	Carril izquierdo
1	km 19+200 al km 19+600	km 19+200 al km 19+600
2	km 20+400 al km 20+800	km 20+400 al km 20+800
3	km 20 +800 al km 21+200	km 20 +800 al km 21+200
4	km 21+200 al km 21+600	km 21+200 al km 21+600

*Nota:* (Elaboración Propia).

En seguida, se muestra una referencia visual del estado de la carretera evaluada correspondiente a la sección III, en donde se aprecia la forma plana o llana de la topografía.



*Figura 16.* Referencia de la Sección III de trazo plano o llano km 19+000 – km 21+906. (Elaboración propia).

### 3.13. Recolección de datos

#### 3.13.1. Lugar de ejecución

Para una mejor comprensión del estudio es necesario conocer algunas características de la vía, las cuales han sido recopiladas del expediente técnico del proyecto, así como por la página del Gobierno Regional de Puno, disponible en línea.

Cabe mencionar que el 29 de junio del 2015, ésta carretera entra en servicio. Cuenta con una superficie de rodadura de 21.906 kilómetros y con un ancho de vía de 8.50 metros.

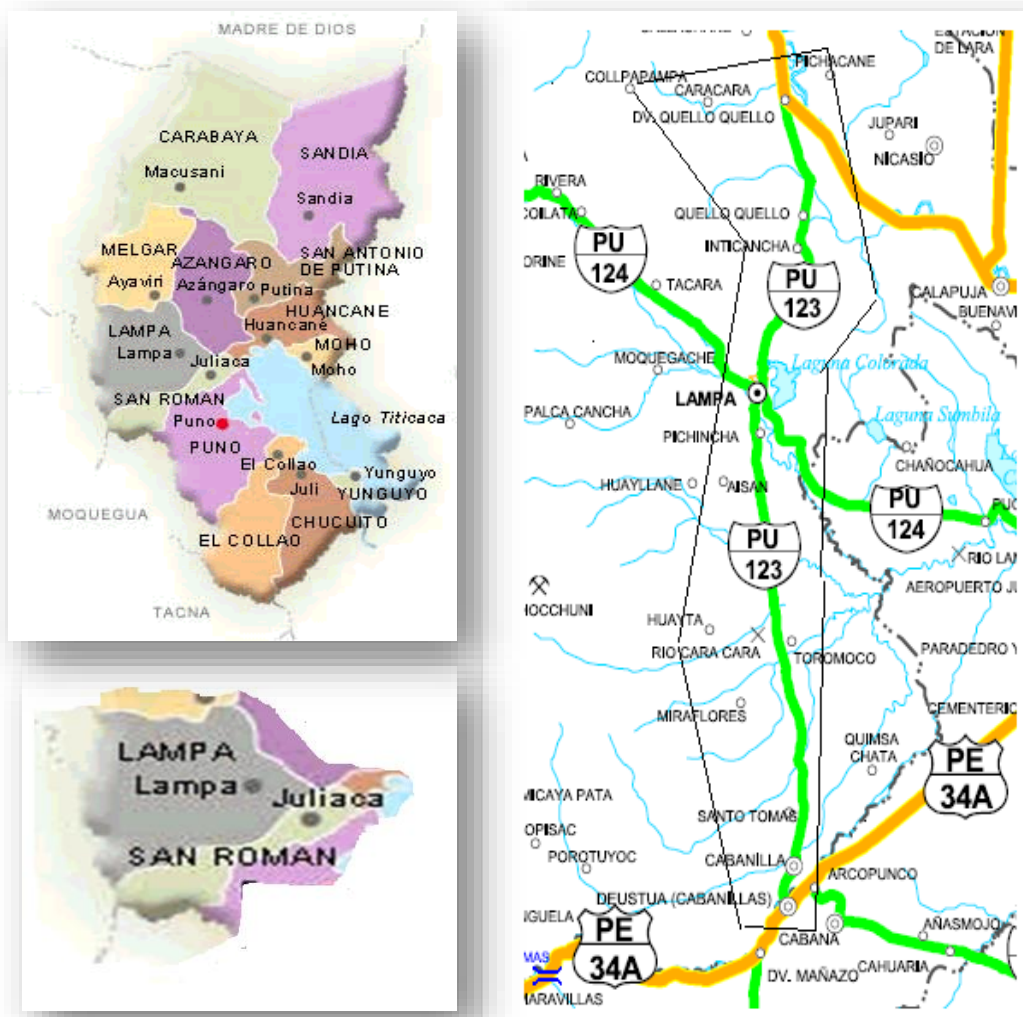
En la siguiente imagen se muestra el estado en la que se encontraba la vía en el año 2015.



*Figura 17.* Estado de la vía en su inicio de servicio, periodo 2014-2015, progresiva 0+000. (Gobierno Regional de Puno, 2015).

De acuerdo al estudio del expediente la topografía de todo el tramo presenta un trazo plano a ondulado en los kilómetros 0+000 al 8+000. Luego pasa a una topografía accidentada en un sector bien identificado que es en los kilómetros 8+000 al 19+000, que forma un trazo sinuoso con curvas reversas las cuales se adecuan a la forma del terreno, presenta taludes bajos y tendidos cumpliendo con las condiciones mínimas de transitabilidad, constituyendo estas zonas en particular los de mayor tratamiento durante el proceso constructivo.

El lugar de ejecución se encuentra en el Departamento de Puno, provincia de Lampa y San Román, distrito de Lampa, Cabanilla, Cabanillas, en la localidad de Caracara, en la figura 19 se detalla la ubicación y localización geográfica.



*Figura 18. Ubicación y localización geográfica de la carretera Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. Tomado del exp. Técnico “Mejoramiento de la carretera dv. Lampa – Caracara – Cabanilla – Cabanillas (Tramo I), 2014.*

### 3.13.2. Instrumentos

- Formato para la recolección de datos en campo con el rugosímetro MERLIN.

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	
<b>FECHA:</b>	

<b>ENSAYO N°</b>	
<b>CARRIL</b>	D I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>PROGRESIVA</b>	
<b>INICIO KM:</b>	
<b>FIN KM:</b>	

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- La recolección de datos correspondiente a los ensayos de regularidad superficial de la carretera para el periodo 2014, se realiza mediante el acceso al expediente técnico del proyecto.
- Para el proceso y análisis de los datos recolectados se usó el programa Excel y SPSS.

### 3.13.3. Equipos

- Equipos de protección personal
- Vehículo de transporte
- Equipo rugosímetro MERLIN
- Equipo fotográfico

### 3.14. Ejecución del ensayo MERLIN

La ejecución de los ensayos empezó el lunes 29 de octubre del 2018. Se seleccionó un trecho de aproximadamente 400 metros de longitud, sobre un determinado carril de la vía. Las mediciones se efectuaron siguiendo la huella exterior del tráfico. Cada lectura se realizó al cabo de una vuelta de la rueda, véase las figuras 18 y 19.





Figura 19. Ejecución del ensayo MERLIN en la carretera de estudio. (Elaboración propia).



Figura 20. Determinación de "una vuelta" con el equipo MERLIN. (Elaboración propia).

En seguida se muestra una referencia del punto de inicio de los ensayos en la progresiva 0+000, desvío Caraca-Cara, según los planos del expediente técnico.

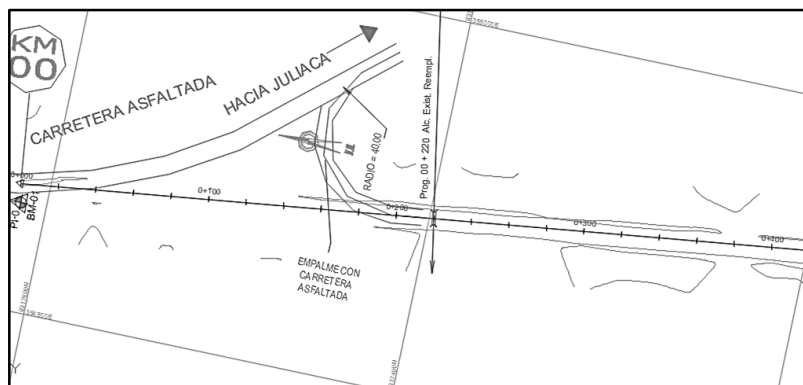


Figura 21. Vista en perfil del km 0+000 al km 0+400. Adaptado del Expediente Técnico "Mejoramiento de la carretera Lampa- Caracara- Cabanilla- Cabanillas (tramo I), 2014.

### 3.13.4. Determinación de la rugosidad en la escala IRI

Tomamos el caso para el ensayo N°1 correspondiente a las progresivas km 0+000 al km 0+400, para todos los demás ensayos se seguirá el mismo procedimiento. Primero es necesario determinar el factor de corrección (F), aplicando la siguiente fórmula:

$$F = (EP * 10)/((Li-Lf)*5)$$

Donde: F= Factor de corrección para el rango D

Li= posición inicial del puntero sobre el tablero

Lf= posición final del puntero sobre el tablero

EP= Espesor de la pastilla

Por lo tanto, se tiene un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, por lo tanto, se determina el espesor de la pastilla (mm).

$$EP= 6.2*10$$

$$EP= 62 \text{ mm}$$

Teniendo el espesor de la pastilla en milímetros, obtenemos la lectura inicial y final, con el equipo MERLIN, realizamos el primer movimiento de una vuelta se obtiene una posición inicial del puntero sobre el tablero de 10; luego al colocar la pastilla debajo del equipo se obtiene una posición final del puntero igual a 25. Entonces aplicando la fórmula para hallar F:

$$F= (6.2*10)/((25-10)*5)$$

$$F=0.8267$$

Se tienen los 200 datos recolectados de las progresivas km 0+000 - km 0+400 (carril derecho), para proceder con la definición del histograma de frecuencias para dichas mediciones en campo (fig. 22), los cuales se muestran en la tabla. 29:



Tabla 27  
Lista de datos recolectados en campo (ensayo 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	20	22	27	22	21	30	29	23	19	1
23	29	21	26	27	20	25	22	28	21	2
19	21	24	22	23	26	28	26	22	27	3
22	31	31	23	21	21	21	22	28	22	4
19	21	24	20	23	28	30	28	23	19	5
20	23	22	20	21	20	26	24	30	25	6
21	18	17	29	23	29	24	30	19	22	7
23	23	26	21	19	23	21	27	19	26	8
26	23	22	27	18	25	28	19	21	22	9
23	21	16	22	22	22	25	29	30	26	10
21	18	20	14	24	23	14	20	24	25	11
29	17	25	22	17	22	21	16	30	24	12
32	21	22	27	25	24	17	20	24	15	13
23	28	27	23	25	31	22	20	22	24	14
30	22	28	29	28	23	26	23	22	23	15
23	27	28	21	29	23	19	20	23	21	16
29	23	25	19	22	25	26	26	23	16	17
21	25	27	25	20	24	18	21	24	22	18
27	23	22	28	23	21	24	19	23	26	19
22	27	30	22	23	25	26	23	17	24	20

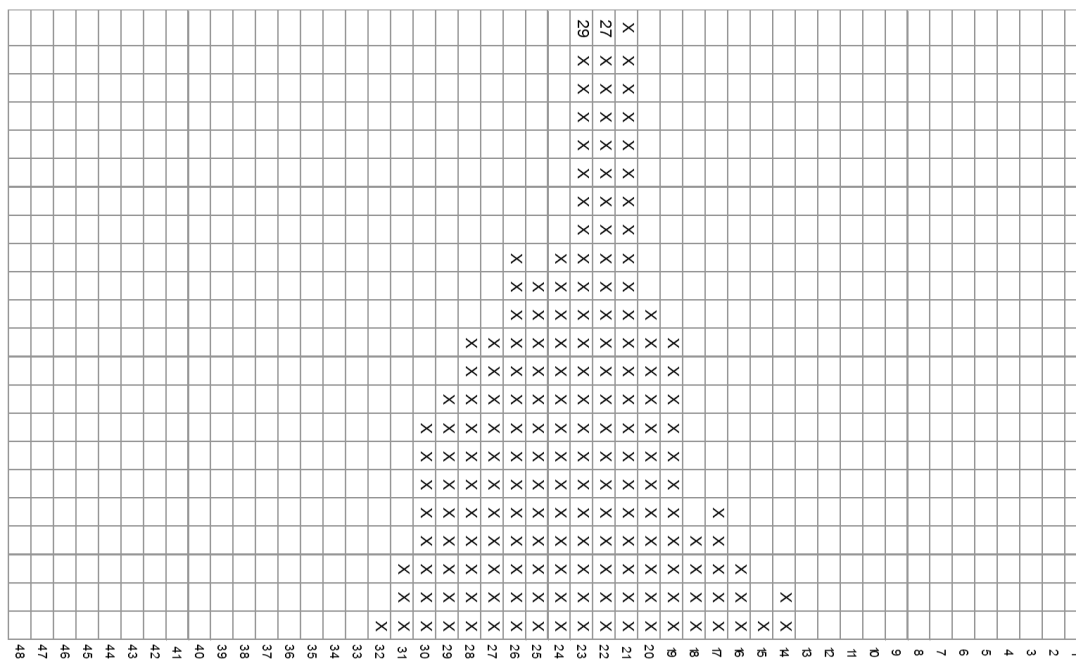


Figura 22. Histograma generado por los datos recolectados con el MERLIN.

Para formar el rango de valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), se descarta el 10% de datos que correspondan a los valores menos representativos; es decir, 10 (5%) datos del extremo inferior del histograma y 10 (5%) datos del extremo superior.

- extremo inferior: siendo 8 datos del intervalo 30, así, que se tiene:

$$2/8=0.25$$

- extremo superior: se tienen 5 datos del intervalo 17, entonces:

$$1/5=0.5$$

- Procesando la sumatoria se tiene:

$$D= 0.25+0.5+12$$

$$D= 12.45$$

Luego de descartar los datos, se procede con el cálculo del ancho del histograma en unidades escala, el rango D se debe expresar en milímetros, por lo tanto, se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros. Obteniendo:

$$D= 12.45*5 \text{ mm}$$

$$D= 62.25 \text{ mm}$$

Aplicando el factor f de corrección:

$$D= 62.25 \text{ mm} * 0.8267$$

$$D= 51.462 \text{ mm}$$

Luego se procede con la aplicación de la fórmula para la obtención del valor IRI, considerando los siguientes criterios:

**Criterio I:**

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9, \text{o}, D > 50 \text{ mm}$$

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D$$

**Criterio II:**

$$\text{IRI} < 2.4, \text{o}, D < 50 \text{ mm}$$

$$\text{IRI} = 0.0485 D$$

Entonces:  $D = 51.67 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$ , correspondiente al criterio I; por lo que trabajamos con la fórmula que le corresponde. Entonces reemplazando en la fórmula del criterio I, con los datos ya calculados tenemos:

$$\text{rugosidad} = 0.593 + 0.0471 (51.462)$$

$$\text{rugosidad} = 3.011 \text{ IRI}$$

Relacionando la fórmula para obtener el Índice de Serviciabilidad (PSI), obtendremos lo siguiente:

$$\text{PSI} = \frac{5.0}{e^{\text{IRI}/5.5}}$$

Donde:

IRI= Índice de Regularidad Internacional

PSI= Índice de Serviciabilidad Presente

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{PSI} = \frac{5.0}{e^{3.011/5.5}}, \text{ siendo } \text{PSI} = 2.892$$

Finalmente, tenemos que para el carril derecho de las progresivas 0+000 al 0+400 se tiene un Índice de Regularidad de 3.011, con un Índice de serviciabilidad de 2.892, lo que indica que el trecho de 400 m evaluado, obtiene una transitabilidad entre regular y buena.

En el siguiente formato se encuentra la forma del procesamiento de las 200 mediciones realizadas con el equipo MERLIN, para los demás ensayos se presentan en los anexos 4, 5 y 6 para las secciones I, II y III respectivamente.

Karen K. Margas Quispe

29/10/2018

# MERLIN

$$= 2.892$$

NORMAL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	20	22	27	22	21	30	29	23	19	1
23	29	21	26	27	20	25	22	28	21	2
19	21	24	22	23	26	28	26	22	27	3
22	31	31	23	21	21	21	22	28	22	4
21	21	24	20	23	28	30	28	23	19	5
20	23	22	20	21	20	26	24	30	25	6
21	18	17	29	23	29	24	30	19	22	7
23	23	26	21	19	23	21	27	19	26	8
26	23	22	27	18	25	28	19	21	22	9
23	21	16	22	22	22	25	29	30	26	10
21	18	20	14	24	23	14	20	24	25	11
29	17	25	22	17	22	21	16	30	24	12
32	21	22	27	25	24	17	20	24	15	13
23	28	27	23	25	31	22	20	22	24	14
30	22	28	29	28	23	26	23	22	23	15
23	27	28	21	29	23	19	20	23	21	16
29	23	25	19	22	25	26	26	23	16	17
21	25	27	25	20	24	18	21	24	22	18
27	23	22	28	23	21	24	19	23	26	19
22	27	30	22	23	25	26	23	17	24	20

[illegible]

### 3.14. Matriz de consistencia

Tabla 28.

Matriz de consistencia

	Objetivos	Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
<b>General</b>	Diagnosticar el estado de condición y serviciabilidad de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas, tramo I, mediante el estudio de regularidad superficial.	¿Cuál es el estado de condición de serviciabilidad de la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanilla (tramo I), respecto a su regularidad superficial?	El estado de serviciabilidad de la carretera medida con el parámetro del Índice de Regularidad Internacional en el periodo 2018 es aceptable.	Independiente: Regularidad Superficial	Ensayo de rugosidad con el equipo MERLIN	Regularidad superficial de la superficie de rodadura.
<b>Específico 1</b>	Comparar los resultados del Índice de Regularidad Superficial en la sección de trazo plano de las progresivas km 0+000-km 8+000, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo y derecho.	¿Cuál es la diferencia de variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo plano de las progresivas del km 0+000-km 8+000, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo, derecho?	Existe una mínima variación del IRI en la sección de trazo plano de las progresivas del km 0+000 al km 8+000, del carril derecho e izquierdo, de los periodos 2014 y 2018.	Dependiente: estado de serviciabilidad		Regularidad superficial de la superficie de rodadura, km 0+00 al km 8+000
<b>Específico 2</b>	Comparar los resultados del Índice de Regularidad Superficial en la sección de trazo plano de las progresivas km 9+000-km 18+800, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo y derecho.	¿Cuál es la diferencia de variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo accidentado de las progresivas del km 9+000-km 18+800, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo, derecho?	Existe una mínima variación del IRI en la sección de trazo plano de las progresivas del km 9+000 al km 18+800, del carril derecho e izquierdo, de los periodos 2014 y 2018.			Regularidad superficial de la superficie de rodadura, km 9+00 al km 18+800
<b>Específico 3</b>	Comparar los resultados del Índice de Regularidad Superficial en la sección de trazo plano de las progresivas km 21+000-km 21+800, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo y derecho.	¿Cuál es la diferencia de variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), en la sección de trazo plano de las progresivas del km 21+000-km 21+800, periodo 2014 y 2018 de los carriles izquierdo, derecho?	Existe una mínima variación del IRI en la sección de trazo plano de las progresivas del km 21+000 al km 21+800, del carril derecho e izquierdo, de los periodos 2014 y 2018.			Regularidad superficial de la superficie de rodadura, km 21+000 al km 21+800

Nota: Elaboración propia.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### 4.2. Resultados

##### 4.2.1. IRI del carril derecho e izquierdo (2018)

En la tabla 31 se manifiestan los resultados obtenidos entre los meses de octubre y noviembre del 2018, luego del procesamiento de datos de los que derivan los valores IRI y PSI, para la sección I. II y III, de acuerdo al muestreo estratificado realizado anteriormente.

*Tabla 29.*

*Resultados de IRI en el carril derecho e izquierdo (2018)*

Secciones	N°	Progresiva	Carril Derecho		Carril izquierdo	
			IRI	PSI	IRI	PSI
Sección I	1	km 0+000 al km 0+400	3.01	2.89	3.04	2.88
	2	km 0+400 al km 0+800	3.06	2.87	3.00	2.90
	3	km 2+400 al km 2+800	3.02	2.89	3.05	2.87
	4	km 2+800 al km 3+200	3.03	2.88	3.03	2.88
	5	km 4+800 al km 5+200	3.00	2.90	3.04	2.88
	6	km 5+200 al km 5+600	3.02	2.89	3.03	2.88
	7	km 7+200 al km 7+600	3.08	2.86	3.09	2.85
Sección II	1	km 9+200 al km 9+600	3.10	2.85	3.12	2.84
	2	km 9+600 al km 10+000	3.11	2.84	3.13	2.83
	3	km 12+000 al km 12+400	3.15	2.82	3.15	2.82
	4	km 12+400 al km 12+800	3.18	2.80	3.17	2.81
	5	km 15+200 al km 15+600	3.22	2.78	3.22	2.79
	6	km 15+600 al km 16+000	3.23	2.78	3.25	2.77
	7	km 18+000 al km 18+400	3.22	2.79	3.23	2.78
Sección III	1	km 19+200 al km 19+600	3.19	2.80	3.18	2.80
	2	km 20+400 al km 20+800	3.18	2.81	3.17	2.81
	3	km 20+800 al km 21+200	3.16	2.82	3.12	2.84
	4	km 21+200 al km 21+600	3.09	2.85	3.05	2.87

*Nota:* IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. km= kilómetro (Elaboración propia).

##### 4.2.2. IRI del carril derecho e izquierdo (2014)

Al recolectar los datos mediante documentos correspondientes al expediente técnico del proyecto, se tienen los resultados mostrados en la tabla. 32 detallando los valores IRI y PSI para las progresivas de cada sección, carriles derecho e izquierdo. Cabe

mentonar que los valores están de acuerdo a lo que exige el manual de carreteras, sección suelos y pavimento que tiene el Perú, para un pavimento nuevo.

Tabla. 30.  
*Resultados IRI en el carril derecho e izquierdo (2014)*

Secciones	N°	Progresiva	Carril Derecho		Carril izquierdo	
			IRI	PSI	IRI	PSI
<b>Sección I</b>	1	km 0+000 al km 0+400	2.40	3.00	2.49	3.00
	2	km 0+400 al km 0+800	2.63	3.00	2.57	3.00
	3	km 2+400 al km 2+800	2.35	3.00	2.59	3.00
	4	km 2+800 al km 3+200	2.41	3.00	2.51	3.00
	5	km 4+800 al km 5+200	2.19	3.00	2.42	3.00
	6	km 5+200 al km 5+600	2.68	3.00	2.39	3.00
	7	km 7+200 al km 7+600	2.54	3.00	2.45	3.00
<b>Sección II</b>	1	km 9+200 al km 9+600	2.13	3.00	2.32	3.00
	2	km 9+600 al km 10+000	2.36	3.00	2.51	3.00
	3	km 12+000 al km 12+400	2.38	3.00	2.59	3.00
	4	km 12+400 al km 12+800	2.34	3.00	2.76	3.00
	5	km 15+200 al km 15+600	2.33	3.00	2.52	3.00
	6	km 15+600 al km 16+000	2.37	3.00	2.49	3.00
	7	km 18+000 al km 18+400	2.24	3.00	2.67	3.00
<b>Sección III</b>	1	km 19+200 al km 19+600	2.48	3.00	2.35	3.00
	2	km 20+400 al km 20+800	2.39	3.00	2.46	3.00
	3	km 20+800 al km 21+200	2.41	3.00	2.38	3.00
	4	km 21+200 al km 21+600	2.47	3.00	2.43	3.00

*Nota:* IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de Serviciabilidad Presente.  
km=kilómetro (Elaboración propia).

La evaluación del diagnóstico del pavimento se dará en función a la edad de este, es decir, 4 años de tiempo de servicio, datos de los cuales se realizará la comparación y comprobación de las hipótesis de la investigación.

### 4.3. Análisis e Interpretación de resultados

#### 4.3.1. Sección I

En las tablas continuas están los resultados que corresponden al IRI 2014 e IRI 2018 de los carriles derecho e izquierdo entre las progresivas km 0+000 al km 7+600. Siendo contrastadas con el rango de valores que le corresponde a un pavimento nuevo y en servicio.

Tabla 31.

Valores IRI de la sección I/carril derecho

	PROGRESIVA	IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	km 0+000 al km 0+400	2.40	3.00		3.01	2.89	
2	km 0+400 al km 0+800	2.63	3.00		3.06	2.87	
3	km 2+400 al km 2+800	2.35	3.00		3.02	2.89	
4	km 2+800 al km 3+200	2.41	3.00	2.00 – 3.00	3.03	2.88	3.00 – 4.50
5	km 4+800 al km 5+200	2.19	3.00		3.00	2.90	
6	km 5+200 al km 5+600	2.68	3.00		3.02	2.89	
7	km 7+200 al km 7+600	2.54	3.00		3.08	2.86	

Nota: IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).

Tabla 32.

Valores IRI de la sección I/carril izquierdo

	PROGRESIVA	IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	km 0+000 al km 0+400	2.49	3.00		3.04	2.88	
2	km 0+400 al km 0+800	2.57	3.00		3.00	2.90	
3	Km 2+400 al km 2+800	2.59	3.00		3.05	2.87	
4	km 2+800 al km 3+200	2.51	3.00	2.00–3.00	3.03	2.88	3.00 – 4.50
5	km 4+800 al km 5+200	2.42	3.00		3.04	2.88	
6	km 5+200 al km 5+600	2.39	3.00		3.03	2.88	
7	km 7+200 al km 7+600	2.45	3.00		3.09	2.85	

Nota: IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).

#### 4.3.1.1. Prueba estadística / sección I.

Reuniendo los resultados de los valores IRI 2014 e IRI 2018, se tiene la tabla. 35; estos datos serán analizados con la prueba de hipótesis, siguiendo los 5 pasos de la prueba estadística.



Tabla 33  
Resultados generales IRI 2014 e IRI 2018 / Sección I

		PROGRESIVA	IRI 2014	IRI 2018
carril derecho	1	km 0+000 al km 0+400	<b>2.40</b>	3.01
	2	km 0+400 al km 0+800	<b>2.63</b>	3.06
	3	Km 2+400 al km 2+800	<b>2.35</b>	3.02
	4	km 2+800 al km 3+200	<b>2.41</b>	3.03
	5	km 4+800 al km 5+200	<b>2.19</b>	3.00
	6	km 5+200 al km 5+600	<b>2.68</b>	3.02
	7	km 7+200 al km 7+600	<b>2.54</b>	3.08
carril izquierdo	1	km 0+000 al km 0+400	<b>2.49</b>	3.04
	2	km 0+400 al km 0+800	<b>2.57</b>	3.00
	3	Km 2+400 al km 2+800	<b>2.59</b>	3.05
	4	km 2+800 al km 3+200	<b>2.51</b>	3.03
	5	km 4+800 al km 5+200	<b>2.42</b>	3.04
	6	km 5+200 al km 5+600	<b>2.39</b>	3.03
	7	km 7+200 al km 7+600	<b>2.45</b>	3.09

Nota: Elaboración propia.

**a. Formulación de hipótesis:**

- $H_0$ = No existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección I, después de realizar el ensayo con el rugosímetro MERLIN.
- $H_1$ = Existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección I, después de realizar el ensayo con el rugosímetro MERLIN.

**b. Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$**

**c. Elección de la prueba estadística:**

Cómo se ha definido en el capítulo anterior se trabaja con la prueba T de Student para muestras relacionadas.

Antes de realizar la prueba T, es necesario comprobar la normalidad de los datos; al tener una muestra menor de 30 valores, utilizaremos la prueba Shapiro – Wilk, mostrada en la tabla continua:

Tabla 34  
*Prueba de normalidad*

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
SecciónI2014	,115	14	,915
SecciónII2014	,155	14	,419

*Nota:* gl=grados de libertad. Sig.= nivel de significancia.

Por lo tanto realizamos la comparación para observar si existe una distribución normal entre los 14 datos de evaluación en la sección I, indicado en la siguiente tabla.

Tabla 35.  
*Prueba de Normalidad Shapiro - Wilk*

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (muestra menor a 30)		
p-valor (IRI-antes) = 0.915	>	$\alpha=0.05$
p-valor (IRI-después) = 0.419	>	$\alpha=0.05$

*Nota:* Si, p-valor >  $\alpha$ , los datos provienen de una distribución normal. Si, p-valor <  $\alpha$ , los datos NO provienen de una distribución normal. Elaboración propia.

De acuerdo a los criterios de la prueba Shapiro Wilk, si el p-valor es mayor que alfa (0.05), se determina que los datos tienen una distribución normal; entonces, La prueba de normalidad Shapiro – Wilk, demuestra que el p-valor de los datos IRI 2014 es mayor a alfa así como el p-valor del IRI 2018, por lo tanto, las variables numéricas IRI 2014 e IRI 2018 de la sección I tienen un comportamiento de normalidad; así que, es posible realizar la prueba T de Student para muestras relacionadas.

#### d. Estimación del p-valor

Con el programa SPSS, obtenemos los estadísticos de las muestras evaluadas:

Tabla 36.  
*Estadísticas para el IRI 2014 e IRI 2018 / sección I.*

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	n	Desviación estándar	Media de error estándar
IRI-2014	2.47286	14	.127547	.034088
IRI-2018	3,0357	14	,02709	,00714

*Nota:* n= muestra de ensayos realizados para los periodos 2014 y 2018. Elaboración Propia.

Existe una variación entre las medias del IRI 2014 e IRI 2018, para comprobar si esa diferencia es significativa aplicamos la prueba T para muestras relacionada:

Tabla 37.  
Prueba T para muestras relacionadas, periodos 2014 y 2018 / sección I.

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
ANTES - DESPUES	- ,5629	,12130	,03242	-,6329	-,49282	- 17,362	13	,001

Nota: Sig. (bilateral): p-valor de significancia de la prueba. gl: grados de libertad. Elaboración propia.

Según la tabla anterior, la media de ambos datos es de 0.56, con 13 grados de libertad, además, se tiene un nivel de significancia de 0,000, que será contrastada con los criterios de decisión del siguiente paso.

#### e. Toma de decisión

- Si la probabilidad obtenida  $p\text{-valor} < \alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$
- Si la probabilidad obtenida  $p\text{-valor} > \alpha$ , no se rechaza  $H_0$ , y se acepta  $H_0$ .

Entonces, considerando los criterios de decisión analizamos los valores de significancia en la siguiente tabla:

Tabla 38.  
p-valor / sección I.

p-valor de la prueba T para muestras relacionadas		
p-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$

Nota: p-valor: probabilidad obtenida de la prueba.  $\alpha$ : porcentaje de error (5%), nivel de significancia. Elaboración propia.

Finalmente, según los criterios de decisión luego de realizar el contraste, se concluye que se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; por lo tanto, existe una diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección I después de la evaluación de la carpeta de rodadura con el rugosímetro MERLIN, en consideración de la edad del pavimento.

Sobre el siguiente gráfico, se observa una referenciación ilustrativa de las variaciones entre los índices de regularidad para los periodos 2014 y 2018.

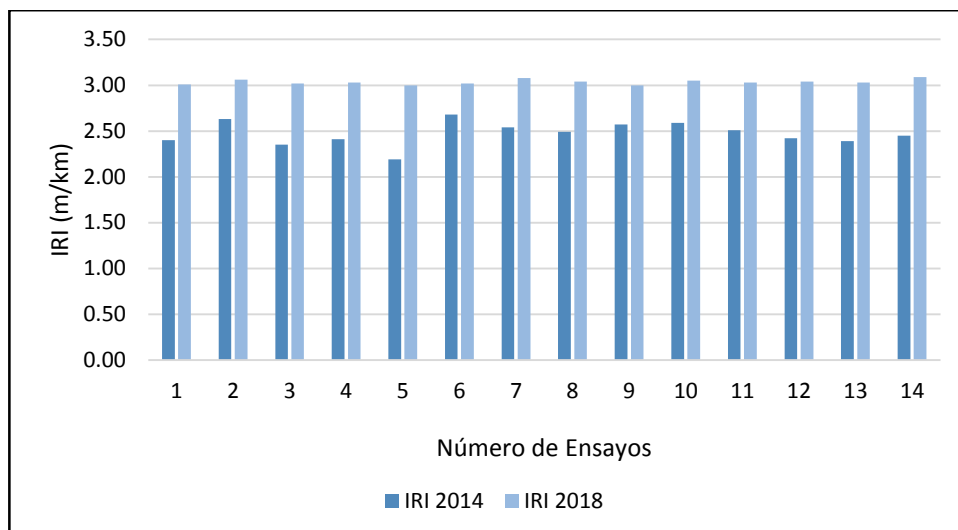


Figura 23. Variaciones de los Índices de Regularidad / Sección I.

#### 4.3.2. Sección II

La sección II de esta carretera, como se había mencionado anteriormente cuenta con un relieve accidentado, con curvas sinuosas y quebradas profundas. En las tablas 41 y 42, se muestran los resultados de las progresivas de estudio de los carriles derecho e izquierdo, contrastadas con el rango de valores IRI correspondientes a un pavimento nuevo (periodo 2014) y en servicio (periodo 2018).

Tabla 39.  
Valores IRI y PSI de la sección 2/carril derecho

PROGRESIVA		IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	km 9+200 al km 9+600	2.13	3.00	2.00 – 3.00	3.10	2.85	3.00 – 4.50
2	km 9+600 al km 10+000	2.36	3.00		3.11	2.84	
3	km 12+000 al km 12+400	2.38	3.00		3.15	2.82	
4	km 12+400 al km 12+800	2.34	3.00		3.18	2.80	
5	km 15+200 al km 15+600	2.33	3.00		3.22	2.78	
6	km 15+600 al km 16+000	2.37	3.00		3.23	2.78	
7	km 18+000 al km 18+400	2.24	3.00		3.22	2.79	

*Nota:* IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).

Tabla 40.  
Valores IRI de la sección 2/carril izquierdo

	PROGRESIVA	IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	km 9+200 al km 9+600	3.12	2.84	<b>2.00 – 3.00</b>	3.24	2.80	<b>3.00 – 4.50</b>
2	km 9+600 al km 10+000	3.13	2.83		3.20	2.80	
3	km 12+000 al km 12+400	3.15	2.82		3.22	2.80	
4	km 12+400 al km 12+800	3.17	2.81		3.17	2.80	
5	km 15+200 al km 15+600	3.22	2.79		3.21	2.80	
6	km 15+600 al km 16+000	3.25	2.77		3.19	2.80	
7	km 18+000 al km 18+400	3.23	2.78		3.18	2.80	

*Nota:* IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).

Los rangos mostrados para un pavimento nuevo y pavimento en servicio se tomaron del manual de carreteras, sección suelos y pavimentos.

#### 4.3.2.1. Prueba estadística / sección II

Al agrupar los datos de las tablas anteriores, se tienen lo presentado en la tabla.43; estos resultados serán analizados con la prueba estadística, para corroborar la hipótesis de investigación.

Tabla 41.  
Resultados IRI 2014 e IRI 2018 /sección II.

		PROGRESIVA	IRI 2014	IRI 2018
<b>carril derecho</b>	1	km 9+200 al km 9+600	2.13	3.10
	2	km 9+600 al km 10+000	2.36	3.11
	3	km 12+000 al km 12+400	2.38	3.15
	4	km 12+400 al km 12+800	2.34	3.18
	5	km 15+200 al km 15+600	2.33	3.22
	6	km 15+600 al km 16+000	2.37	3.23
	7	km 18+000 al km 18+400	2.24	3.22
<b>carril izquierdo</b>	1	km 9+200 al km 9+600	2.32	3.12
	2	km 9+600 al km 10+000	2.51	3.13
	3	km 12+000 al km 12+400	2.59	3.15
	4	km 12+400 al km 12+800	2.76	3.17
	5	km 15+200 al km 15+600	2.52	3.22
	6	km 15+600 al km 16+000	2.49	3.25
	7	km 18+000 al km 18+400	2.67	3.23

*Nota:* km=kilómetro. IRI= Índice de Regularidad Internacional. Elaboración propia.

A continuación, se procede con la prueba de hipótesis a partir de los cinco pasos ya mencionados en el capítulo anterior:

**a. Formulación de hipótesis**

- $H_0$ = No existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección II, luego de transcurrir 4 años aproximados correspondientes a la edad del pavimento.
- $H_2$ = Existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección II, luego de transcurrir 4 años aproximados correspondientes a la edad del pavimento.

**b. Nivel de significancia:**

$$\alpha = 0.05$$

**c. Elección de la prueba estadística: Prueba T**

Como en el anterior caso realizamos la prueba de normalidad:

Tabla 42.  
*Prueba de normalidad/ sección II*

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
SecciónII2014	,969	14	,868
SecciónII2018	,913	14	,173

*Nota:* gl=grados de libertad. Sig.= p-valor. Elaboración propia.

Realizando el contraste, teniendo en cuenta que cuando p-valor es mayor que alfa (0.05), los datos tienen un comportamiento de normalidad, entonces se tiene lo siguiente:

Tabla 43.  
*Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk / sección II*

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (muestra menor a 30)		
p-valor (IRI-2014) = 0.868	>	$\alpha=0.05$
p-valor (IRI-2018) = 0.173	>	$\alpha=0.05$

*Nota:* Si, p-valor >  $\alpha$ , los datos provienen de una distribución normal. Si, p-valor <  $\alpha$ , los datos NO provienen de una distribución normal. Elaboración propia.

Por lo tanto, las variables numéricas IRI 2014 e IRI 2018 de la sección II tienen una distribución normal; así que es posible realizar la prueba T de Student para muestras relacionadas.

#### d. Estimación del p-valor

Con el programa SPSS, obtenemos los estadísticos de las muestras evaluadas.

Tabla 44.

*Estadísticos para IRI 2014 e IRI 2018 / sección II.*

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>				
	Media	n	Desviación estándar	Media de error estándar
IRI - 2014	2.4293	14	.17041	.04554
IRI - 2018	3.1771	14	.05105	.01364

*Nota:* IRI= Índice de Regularidad Internacional. n=muestras evaluadas. Elaboración propia.

Tabla 45.

*Prueba T para muestras relacionadas / sección II.*

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
IRI2014	-							
-								
IRI2018	.74786	.16437	.04393	-.84276	-.65295	17,024	13	,000

*Nota:* IRI= Índice de Regularidad Internacional. gl= Grados de libertad. Elaboración Propia.

#### e. Toma de decisión

- Si la probabilidad obtenida p-valor <  $\alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_2$
- Si la probabilidad obtenida p-valor >  $\alpha$ , no se rechaza  $H_0$ , y se acepta  $H_0$ .

Tabla 46.

*p-valor / sección II.*

<b>p-valor de la prueba t para muestras relacionadas</b>		
p-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$

*Nota:* p-valor: probabilidad obtenida de la prueba.  $\alpha$ : porcentaje de error (5%), nivel de significancia. Elaboración propia.

Entonces, según los criterios de decisión y la tabla anterior se acepta  $H_2$ , concluyendo que existe una diferencia significativa en las medias del IRI 2014 (serie 1) e IRI 2018 (serie 2) de la sección II, después de la evaluación de rugosidad sobre la carpeta de rodadura con el rugosímetro MERLIN.

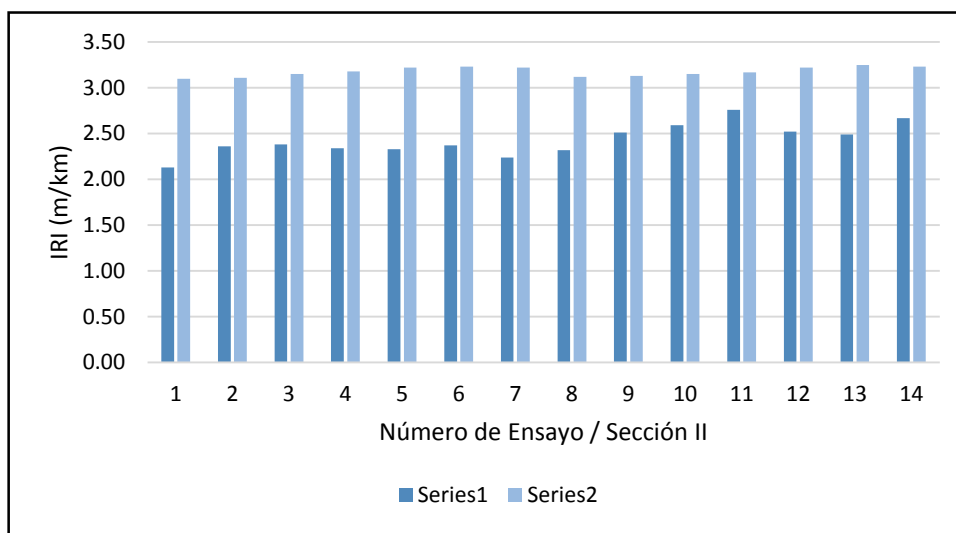


Figura 24. Gráfico comparativo de los valores IRI / Sección II.

### 4.3.3. Sección III

La sección III representa una zona similar al de la sección I; no se han encontrado daños superficiales en la carpeta asfáltica. Los valores PSI son constantes.

Tabla 47.

Valores IRI de la sección III/carril derecho.

PROGRESIVA			IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	Km 19+200 al km 19+600		2.48	3.00	2.00 – 3.00	3.19	2.80	3.00 – 4.50
2	km 20+400 al km 20+800		2.39	3.00		3.18	2.81	
3	km 20 +800 al km 21+200		2.41	3.00		3.16	2.82	
4	km 21+200 al km 21+600		2.47	3.00		3.09	2.85	

Nota: IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).



Tabla 48.

Valores IRI de la sección III /carril izquierdo.

	PROGRESIVA	IRI 2014	PSI 2014	IRI pav. Nuevo	IRI 2018	PSI 2018	IRI pav. Servicio
1	km 19+200 al km 19+600	2.35	3.00		3.18	2.80	
2	km 20+400 al km 20+800	2.46	3.00		3.17	2.81	
3	km 20 +800 al km 21+200	2.38	3.00	2.00 – 3.00	3.12	2.84	3.00 – 4.50
4	km 21+200 al km 21+600	2.43	3.00		3.05	2.87	

*Nota:* IRI pav. Nuevo = rango de valores dados por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. IRI=Índice de Regularidad Superficial. PSI= Índice de serviciabilidad. (Elaboración propia).

#### 4.3.3.1. Prueba estadística / sección III

Obtenemos los resultados de la sección III, agrupados en la tabla siguiente:

Tabla 49.

Resultados IRI 2014 e IRI 2018 / sección III.

	PROGRESIVA	IRI 2014	IRI 2018
<b>Carril derecho</b>	1 km 19+200 al km 19+600	2.48	3.19
	2 km 20+400 al km 20+800	2.39	3.18
	3 km 20 +800 al km 21+200	2.41	3.16
	4 km 21+200 al km 21+600	2.47	3.09
<b>carril izquierdo</b>	1 km 19+200 al km 19+600	2.35	3.18
	2 km 20+400 al km 20+800	2.46	3.17
	3 km 20 +800 al km 21+200	2.38	3.12
	4 km 21+200 al km 21+600	2.43	3.05

*Nota:* Elaboración propia.

##### a. Formulación de hipótesis

- $H_0$ = No existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección III, después de evaluar la regularidad superficial de la carpeta de rodadura.
- $H_3$ = Existe diferencia significativa en las medias del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección III, después de evaluar la regularidad superficial de la carpeta de rodadura.

##### b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

##### c. Elección de la prueba estadística

Sabiendo que para el análisis de datos de esta sección también se utiliza la prueba T, se procede con la prueba de normalidad que le corresponde.

Tabla 50.  
*Prueba de normalidad / Sección III*

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Sección III-2014	,950	8	,711
Sección III-2018	,860	8	,120

*Nota:* gl=grados de libertad. Sig.= p-valor, nivel de significancia. Elaboración propia

Realizando el contraste se tiene la siguiente tabla:

Tabla 51.  
*Contraste -Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk / sección III.*

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (muestra menor a 30)		
p-valor (IRI-antes) = 0.711	>	$\alpha=0.05$
p-valor (IRI-después) = 0.120	>	$\alpha=0.05$

*Nota:* Si, p-valor >  $\alpha$ , los datos provienen de una distribución normal. Si, p-valor <  $\alpha$ , los datos NO provienen de una distribución normal. Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo a la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, las variables numéricas IRI 2014 e IRI 2018 de la sección III tienen una distribución normal; por lo tanto, procedemos a realizar la prueba T de Student para muestras relacionadas.

#### d. Estimación del p-valor

Tenemos los datos estadísticos observando las diferencias entre los promedios del IRI 2014 e IRI 2018, datos que serán contrastados con la prueba estadística, para luego tomar un criterio de decisión.

Tabla 52.  
*Estadísticas IRI 2014 e IRI 2018 / sección III.*

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	n	Desviación estándar	Media de error estándar
IRI-2014/III	2.4212	8	.04673	.01652
IRI-2018/III	3.1425	8	.05064	.01790

*Nota:* n= muestra de ensayos realizados para los periodos 2014 y 2018. Elaboración Propia.

Al realizar la prueba T (tabla. 56), con grados de libertad 7, y una media de error estándar de 0.015, se tiene un p-valor de 0.000, dato que será contrastado con el valor  $\alpha$  de significancia.

Tabla 53.  
Prueba T para muestras relacionadas / sección III.

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>								
<b>Diferencias emparejadas</b>								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
ANTES_III - DESPUES_III	-.72125	.074115	.02622	-.78324	-.65926	-27,512	7	,000

Nota: Sig. (bilateral): p-valor de significancia de la prueba. gl: grados de libertad. Elaboración propia.

#### e. Toma de decisión

- Si la probabilidad obtenida  $p\text{-valor} < \alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$
- Si la probabilidad obtenida  $p\text{-valor} > \alpha$ , no se rechaza  $H_0$ , y se acepta  $H_0$ .

Tabla 54.  
p-valor / sección I.

<b>p-valor de la prueba t para muestras relacionadas</b>		
p-valor = 0.000	<	$\alpha=0.05$

Nota: p-valor: probabilidad obtenida de la prueba.  $\alpha$ : porcentaje de error (5%), nivel de significancia. Elaboración propia.

Por lo tanto, según los criterios de decisión y la tabla anterior se ase rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_3$ , concluyendo que existe diferencia significativa en los promedios del IRI 2014 y IRI 2018 de la sección III, después de evaluar la regularidad superficial de la carpeta de rodadura, teniendo en cuenta la edad del pavimento de 4 años en servicio.

En seguida se presenta una representación gráfica de las variaciones de los Índices de Regularidad de los periodos 2014 y 2018, para ambos carriles, en los 8 ensayos que corresponden al muestreo.

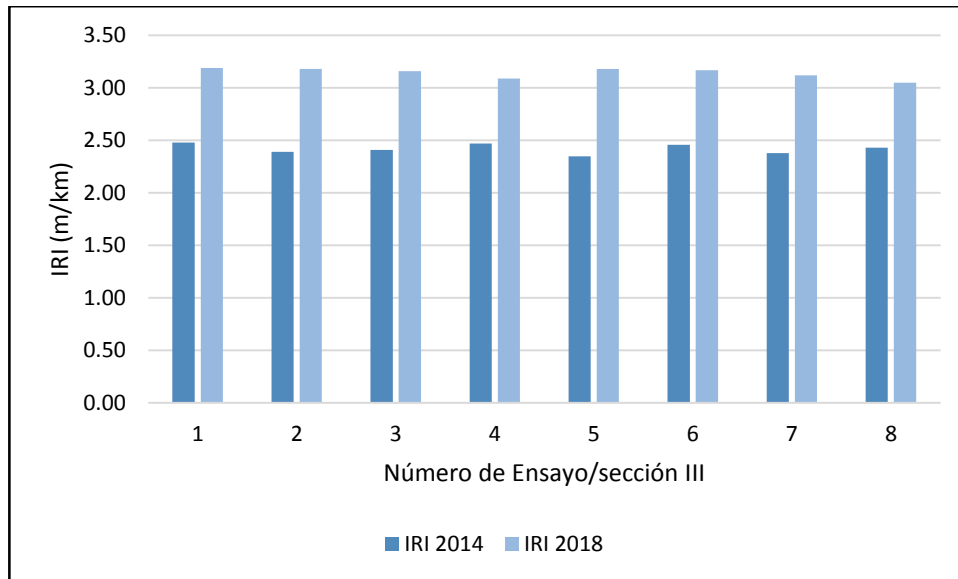


Figura 25. Representación gráfica de las variaciones IRI /sección III.

#### 4.3.4. Resumen de valores IRI para las tres secciones

Teniendo los análisis para las secciones I, II y III, se procede con la agrupación de los datos, para obtener un resultado global de las condiciones del pavimento evaluado, considerando en esta etapa el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Finalmente, se tienen los valores IRI periodo 2014 y 2018, con los valores PSI de los periodos 2014 y 2018, en los carriles derecho e izquierdo de las tres secciones evaluadas.

Tabla 55.  
Resumen general de valores IRI

SECCIONES		PROGRESIVA	IRI 2014	PSI 2014	IRI 2018	PSI 2018
SECCIÓN I	carril derecho	1 km 0+000 al km 0+400	2.40	3.00	3.01	2.89
		2 km 0+400 al km 0+800	2.63	3.00	3.06	2.87
		3 km 2+400 al km 2+800	2.35	3.00	3.02	2.89
		4 km 2+800 al km 3+200	2.41	3.00	3.03	2.88
		5 km 4+800 al km 5+200	2.19	3.00	3.00	2.90
		6 km 5+200 al km 5+600	2.68	3.00	3.02	2.89
		7 km 7+200 al km 7+600	2.54	3.00	3.08	2.86
	carril izquierdo	1 km 0+000 al km 0+400	2.49	3.00	3.04	2.88
		2 km 0+400 al km 0+800	2.57	3.00	3.00	2.90
		3 km 2+400 al km 2+800	2.59	3.00	3.05	2.87
		4 km 2+800 al km 3+200	2.51	3.00	3.03	2.88
		5 km 4+800 al km 5+200	2.42	3.00	3.04	2.88
		6 km 5+200 al km 5+600	2.39	3.00	3.03	2.88
		7 km 7+200 al km 7+600	2.45	3.00	3.09	2.85
SECCIÓN II	carril derecho	1 km 9+200 al km 9+600	2.13	3.00	3.10	2.85
		2 km 9+600 al km 10+000	2.36	3.00	3.11	2.84
		3 km 12+000 al km 12+400	2.38	3.00	3.15	2.82
		4 km 12+400 al km 12+800	2.34	3.00	3.18	2.80
		5 km 15+200 al km 15+600	2.33	3.00	3.22	2.78
		6 km 15+600 al km 16+000	2.37	3.00	3.23	2.78
		7 km 18+000 al km 18+400	2.24	3.00	3.22	2.79
	carril izquierdo	1 km 9+200 al km 9+600	2.32	3.00	3.12	2.84
		2 km 9+600 al km 10+000	2.51	3.00	3.13	2.83
		3 km 12+000 al km 12+400	2.59	3.00	3.15	2.82
		4 km 12+400 al km 12+800	2.76	3.00	3.17	2.81
		5 km 15+200 al km 15+600	2.52	3.00	3.22	2.79
		6 km 15+600 al km 16+000	2.49	3.00	3.25	2.77
		7 km 18+000 al km 18+400	2.67	3.00	3.23	2.78
SECCIÓN III	carril derecho	1 km 19+200 al km 19+600	2.48	3.00	3.19	2.80
		2 km 20+400 al km 20+800	2.39	3.00	3.18	2.81
		3 km 20+800 al km 21+200	2.41	3.00	3.16	2.82
		4 km 21+200 al km 21+600	2.47	3.00	3.09	2.85
	carril izquierdo	1 km 19+200 al km 19+600	2.35	3.00	3.18	2.80
		2 km 20+400 al km 20+800	2.46	3.00	3.17	2.81
		3 km 20+800 al km 21+200	2.38	3.00	3.12	2.84
		4 km 21+200 al km 21+600	2.43	3.00	3.05	2.87

Nota: Elaboración propia.

Obtenemos el cuadro de los resultados estadísticos descriptivos para cada sección, agrupados en la siguiente tabla:

Tabla 56.  
Resumen de estadísticos descriptivos

SECCIONES		IRI2014	IRI2018
SECCIÓN I	Media	<b>2.4729</b>	<b>3.0357</b>
	n	14	14
	Desviación estándar	.12755	.02709
SECCIÓN II	Media	<b>2.4293</b>	<b>3.1771</b>
	n	14	14
	Desviación estándar	.17041	.05105
SECCIÓN III	Media	<b>2.4213</b>	<b>3.1425</b>
	n	8	8
	Desviación estándar	.04673	.05064

*Nota:* n= muestra de ensayos evaluada. IRI= Índice de Regularidad Internacional. Elaboración propia.

Podemos observar que el valor IRI ha ido aumentando mínimamente en los 4 años de servicio, lo que representa un desgaste propio de la vía, al comparar la rugosidad en las tres secciones observamos las diferencias en los promedios. Según las exigencias normativas, en el Perú, para una carretera con un IDM de 4000 veh/día, según el diseño del expediente técnico, el IRI de una vía en operación es de 3.0 a 4.5 m/km, observando entonces que todos los valores obtenidos en el periodo 2018 están dentro del rango permitido. En seguida realizamos una representación gráfica de las variaciones por cada sección de los periodos estudiados.

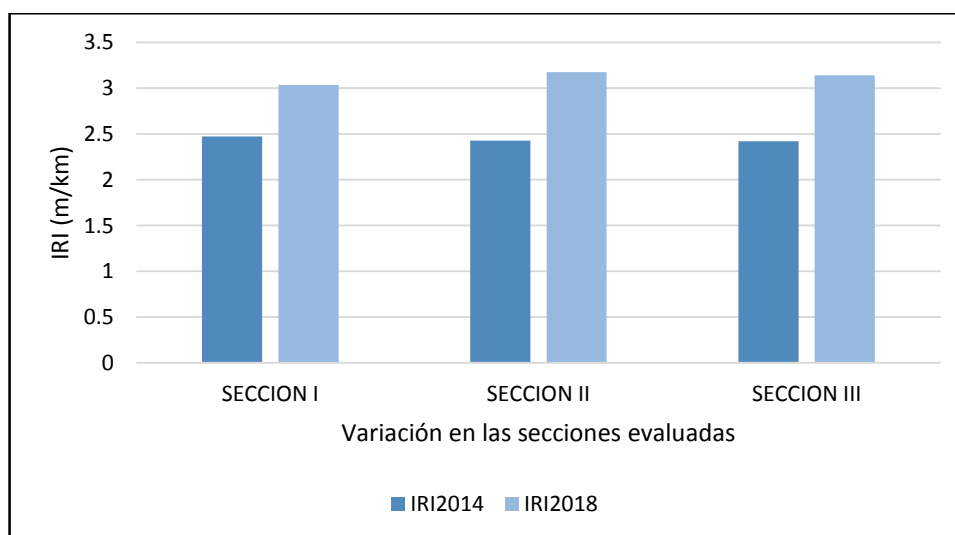


Figura 26. Representación gráfica de las variaciones en las tres secciones.

Finalmente, obtenemos el promedio global de todo el tramo de la carretera, para ambos periodos, plasmado en la siguiente tabla:

Tabla 57.  
Promedio global IRI 2014 - IRI 2018

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
IRI2014	2.4444	.13343	36
IRI2018	3.1144	.07737	36

*Nota:* N= muestra total de ensayos en el tramo evaluado. Elaboración propia.

A continuación, realizamos la comparación por cada sección, obteniendo que la sección I del periodo 2018 tiene mayores diferencias con las secciones II y III; ya que es la sección con menor IRI presentado.

Tabla 58.  
Comparaciones múltiples de las secciones evaluadas

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
IRI2014	Sección I	Sección II	.04357	.05115	.674	-.0819	.1691
		SECCION III	.05161	.05997	.669	-.0956	.1988
	Sección II	Sección I	-.04357	.05115	.674	-.1691	.0819
		Sección III	.00804	.05997	.990	-.1391	.1552
	Sección III	Sección I	-.05161	.05997	.669	-.1988	.0956
		Sección II	-.00804	.05997	.990	-.1552	.1391
IRI2018	Sección I	Sección II	<b>-.14143*</b>	<b>.01630</b>	<b>.000</b>	<b>-.1814</b>	<b>-.1014</b>
		Sección III	<b>-.10679*</b>	<b>.01911</b>	<b>.000</b>	<b>-.1537</b>	<b>-.0599</b>
	Sección II	Sección I	.14143*	.01630	.000	.1014	.1814
		Sección III	.03464	.01911	.181	-.0123	.0815
	Sección III	Sección I	.10679*	.01911	.000	.0599	.1537
		Sección II	-.03464	.01911	.181	-.0815	.0123

*Nota:* \*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Elaboración Propia.

Al ser una carretera con poco tiempo de servicio y de poco flujo de tránsito, las variaciones existentes de la regularidad superficial son mínimas. Además, corresponden a lo indicado por el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos.

Terminado el análisis, contrastamos los valores PSI que han sido obtenidos a partir de la relación con el Índice de Regularidad Internacional, damos el diagnóstico del estado

de serviciabilidad según la tabla 61. De donde luego deriva la tabla 62 con la evaluación final.

Tabla 59.  
*Criterios de evaluación PSI/Transitabilidad*

<b>PSI</b>	<b>Transitabilidad</b>
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

Tabla 60.  
*Relación IRI/PSI*

Periodo		2018				
Progresiva		Carril Derecho		Carril izquierdo		
		IRI	PSI	IRI	PSI	Transitabilidad
Sección I	km 0+000 al km 0+400	3.01	2.89	3.04	2.88	de regular a buena
	km 0+400 al km 0+800	3.06	2.87	3.00	2.90	
	km 2+400 al km 2+800	3.02	2.89	3.05	2.87	
	km 2+800 al km 3+200	3.03	2.88	3.03	2.88	
	km 4+800 al km 5+200	3.00	2.90	3.04	2.88	
	km 5+200 al km 5+600	3.02	2.89	3.03	2.88	
Sección II	km 7+200 al km 7+600	3.08	2.86	3.09	2.85	de regular a buena
	km 9+200 al km 9+600	3.10	2.85	3.12	2.84	
	km 9+600 al km 10+000	3.11	2.84	3.13	2.83	
	km 12+000 al km 12+400	3.15	2.82	3.15	2.82	
	km 12+400 al km 12+800	3.18	2.80	3.17	2.81	
	km 15+200 al km 15+600	3.22	2.78	3.22	2.79	
Sección III	km 15+600 al km 16+000	3.23	2.78	3.25	2.77	de regular a buena
	km 18+000 al km 18+400	3.22	2.79	3.23	2.78	
	km 19+200 al km 19+600	3.19	2.80	3.18	2.80	
	km 20+400 al km 20+800	3.18	2.81	3.17	2.81	
	km 20+800 al km 21+200	3.16	2.82	3.12	2.84	
	km 21+200 al km 21+600	3.09	2.85	3.05	2.87	
PROMEDIO		3.11	2.84	3.12	2.84	de regular a buena

Nota: IRI= Índice de Regularidad Internacional. PSI= Índice de Serviabilidad Presente. (Elaboración Propia).



## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Sección I:

La sección correspondiente entre las progresivas km 0+000 al km 7+600, cuenta con un relieve plano o llano, se han realizado 14 ensayos, 7 para cada carril. Obteniendo un IRI igual a 3.036 m/km y un PSI de 3, que al ser contrastado con los criterios de evaluación, están dentro del rango permitido por el manual de carreteras que rige nuestro país.

Al realizar la prueba estadística T, elegida a partir de los enfoques de esta investigación, en la sección I se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se acepta  $H_1$ , concluyendo que existe una diferencia significativa en las medias del IRI 2014, siendo 2.473 m/km y el IRI 2018, siendo 3.036 m/km, se comprueba que las variaciones en el índice de regularidad ha ido aumentado según la edad del pavimento, sin embargo, en la sección I existe un correcto funcionamiento de la vía, con una transitabilidad que va entre los rangos de regular a buena.

- Sección II:

De acuerdo a los análisis efectuados en la sección II, se ha visto que existe un aumento del IRI respecto a la sección I, y al IRI del periodo 2014, siendo 2.429 m/km, y obteniendo un IRI 2018 igual a 3.177 m/km, con un PSI aproximando igual a 2.9. Se ha notado que el PSI es constante para ambos periodos.

Luego de realizar la prueba estadística T, comprobando que los datos tienen un comportamiento de normalidad para esta sección, se da una diferencia significativa entre los IRI de los periodos evaluados, lo que indica rechazar  $H_0$  y aceptar  $H_2$ . Además, al observar el aumento del IRI respecto a la sección I, se puede concluir que el relieve accidentado de la sección II ha influido en dicho aumento, además de los deslizamientos que provoca la geografía del entorno.

- Sección III:

El Índice de Regularidad superficial de la sección III, ha ido disminuyendo levemente respecto a la sección II, sin embargo es mayor al IRI de la sección I. se ha obtenido un IRI 2018 igual a 3.143 m/km valor mayor al IRI 2014 de 2.421 m/km, lo que indica un aumento significativo en 4 años de servicio, sin embargo, el PSI derivado de la evaluación IRI indica que la serviciabilidad del pavimento en la sección I está dentro del rango de regular a bueno.

Además, siendo esta sección cercana a la zona urbana de la ciudad de Lampa, se comprueba que los datos obtenidos sean mayores al de la sección I, corroborando los contraste realizados por la prueba tukey de comparaciones múltiples, que indica que la sección I tiene mayores diferencias con las secciones II y III.

- Finalmente:

Luego de observar las condiciones de cada sección estratificada según el relieve presentado, la carretera dv. Lampa- Caracara- Cabanilla- Cabanillas, (tramo I), tiene un índice de regularidad superficial de 3.11 m/km, para el carril derecho y 3.12 m/km para el carril izquierdo con un índice de serviciabilidad (PSI) aproximado igual a 3, que indica un estado de condición y transitabilidad de regular a buena.

También, se obtiene un valor IRI 2014 de 2.444 m/km valor menor al IRI 2018 de 3.11 m/km, corroborando que la edad del pavimento influye en su vida útil, aumentando progresivamente los índices de rugosidad, y disminuyendo el Índice de Serviciabilidad; sin embargo, la carretera aún se encuentra en un buen estado de condición y serviciabilidad, con una ligera intervención en la sección II.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para mantener en buen estado la carretera desvío Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas, es importante realizar los estudios necesarios para tomar decisiones respecto a su intervención y mantenimiento. Con los estudios de regularidad superficial realizados periódicamente se evitarán costos mayores en la reparación del pavimento.
- En cuanto a lo observado en la sección II, debido a los deslizamientos es necesario colocar muros de contención para dicha zona, ya que el material que cae sobre la carpeta asfáltica produce daños superficiales, lo que afecta a los usuarios, además de que puede ser un factor de riesgo importante para producirse accidentes de tránsito.

- El uso del equipo MERLIN facilita la toma de datos de la regularidad superficial de una red vial, comprobando que es de fácil manejo y económico, sin embargo, es importante realizar la calibración para obtener datos más precisos.
- Tener en cuenta el factor climático para la toma de datos de la regularidad superficial es importante, esto puede influir en el equipo MERLIN, no es recomendable tomar los datos cuando existan precipitaciones pluviales o vientos intensos.
- Se recomienda que las instituciones y/o empresas encargadas del mantenimiento de las vías de orden local, nacional o regional, realicen un monitoreo periódico del parámetro IRI para prever su intervención mucho antes de que requiera intervenciones de mayor costo.

## Referencias

- Badilla G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Unidad de Investigación en Infraestructura Vial. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. San José, Costa Rica.
- Bull A. (2003). Un nuevo paradigma para la conservación vial. Chile. División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL. Recuperado de <http://www.zietlow.com/docs/Bull-paradigma.pdf>
- Daly G. (2015). Informe: el vía crucis del transporte de carreteras en el Perú. Diario el Comercio.
- Del Águila, 1999, Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países. Ponencia presentada al X congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999.
- Dirección general de carreteras. Recomendaciones para el control de calidad en obras de carreteras. 2da Edición.
- Glosario de términos: de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (2018). Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Perú.
- Gómez-Gómez N, Danglot-Banck C, Vega-Franco L. Cómo seleccionar una prueba estadística (primera de dos partes). Rev Mex Pediatr. 2013;80(1):30-34. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2013/sp131g.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la Investigación. (6ta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.
- Hoffman M. y Del Águila P. 1985. Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos).
- Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*. (Tesis de maestría). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú.

- Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2013. (2013). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú.
- Manual de carreteras. Sección suelos, geología, geotecnia y pavimentos. (2014). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Rep. No R.D. N° 05-2013-MTC/14, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú.
- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DNV). Ministerio de Transportes (MTC). Perú.
- Medina y De la Cruz, Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método PCI. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería. Ingeniería civil. Tesina. Perú-2015
- Mejoramiento del tramo I de la carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas. Expediente Técnico.(2014). Perú.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2da Edición. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. ISBN: 958-96036-2-9. Pág. 733.
- Norma internacional ASTM E867. Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics ASTM International.
- Norma internacional ASTM E950/950M-09. (2009).: Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference. astm.org. ASTM International.
- Porras, P., Tovar, A., y Reyes, O. (2017). Diseño, construcción e instrumentación del equipo de ahuellamiento para pavimentos flexibles. *PROSPECTIVA*, 15 (2), 126-134.  
<http://dx.doi.org/10.15665/rp.v15i2.665>
- Pradena Miguel, M. (2006). Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados. *Revista de la Construcción*, 5 (2), 16-22.

- Ramos W. 2017. Evaluación del Estado del Pavimento por Deflectometría e Índice de Rugosidad Internacional de la carretera: Puno Vilque- Mañazo- 4 km críticos- 2015. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (2006). Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Dirección de Normatividad Vial (DNV). Ministerio de Transportes. Perú.
- Rubio V., y Berlanga M., (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. Vol. 5, núm., 2. ISSN: 1886-1946.DOI: 10.1344/REIRE2012.5.2528.
- Sachún, J. (2016). Tesis de postgrado: Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte- Zona Trujillo, para su mantenimiento. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.
- Sayers, M. W., Gillespie, T. D., & Paterson, W. D. (1986). Guideliness for conducting and calibrating road roughness measurements. World Bank Technical Paper No. 46: Unidad States of America.
- Sousa, Driessnack y Costa (2007). Revisión de diseños de investigación cuantitativa. Revista Latino. Base de datos disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es\\_v15n3a22.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es_v15n3a22.pdf)
- Supo, J. y Briceño A. (2017). (30 de enero de 2019). Prueba de Hipótesis en cada nivel investigativo [Archivo de Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=qkSSxqX513o>
- Ventura, J. & Alvarenga E. (May 2005). Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Unidad de Investigación y Desarrollo Vial. Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano. República de El Salvador
- Vivar R., G. (1998). Comentarios sobre la Medición e Interpretación de la Rugosidad en los Pavimentos del Perú.

# Anexos

## Anexo A: Recolección de datos en campo / sección I

### HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	1
<b>CARRIL:</b>	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
26	20	22	27	22	21	30	29	23	19	<i>1</i>
23	29	21	26	27	20	25	22	28	21	<i>2</i>
19	21	24	22	23	26	28	26	22	27	<i>3</i>
22	31	31	23	21	21	21	22	28	22	<i>4</i>
19	21	24	20	23	28	30	28	23	19	<i>5</i>
20	23	22	20	21	20	26	24	30	25	<i>6</i>
21	18	17	29	23	29	24	30	19	22	<i>7</i>
23	23	26	21	19	23	21	27	19	26	<i>8</i>
26	23	22	27	18	25	28	19	21	22	<i>9</i>
23	21	16	22	22	22	25	29	30	26	<i>10</i>
21	18	20	14	24	23	14	20	24	25	<i>11</i>
29	17	25	22	17	22	21	16	30	24	<i>12</i>
32	21	22	27	25	24	17	20	24	15	<i>13</i>
23	28	27	23	25	31	22	20	22	24	<i>14</i>
30	22	28	29	28	23	26	23	22	23	<i>15</i>
23	27	28	21	29	23	19	20	23	21	<i>16</i>
29	23	25	19	22	25	26	26	23	16	<i>17</i>
21	25	27	25	20	24	18	21	24	22	<i>18</i>
27	23	22	28	23	21	24	19	23	26	<i>19</i>
22	27	30	22	23	25	26	23	17	24	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	0+000
<b>FIN KM:</b>	0+400

**Observaciones:** No se observan fallas superficiales en el pavimento en el carril derecho.



# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	2
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
25	22	25	30	24	22	26	24	19	25	<i>1</i>
23	24	14	26	20	23	25	22	23	20	<i>2</i>
27	25	27	25	23	25	21	24	19	26	<i>3</i>
24	16	23	26	22	29	24	23	28	24	<i>4</i>
25	24	33	23	26	25	21	18	24	19	<i>5</i>
16	23	27	16	24	25	24	23	28	21	<i>6</i>
23	16	26	15	26	24	25	28	24	25	<i>7</i>
26	25	24	25	23	24	19	27	20	23	<i>8</i>
22	24	19	29	26	31	23	25	26	15	<i>9</i>
17	28	23	17	23	20	26	27	24	25	<i>10</i>
24	26	22	25	26	22	23	18	25	29	<i>11</i>
16	25	26	20	23	24	21	23	21	24	<i>12</i>
25	23	27	25	24	28	29	30	26	24	<i>13</i>
27	24	16	24	25	23	26	27	23	27	<i>14</i>
25	25	27	27	22	25	29	25	24	24	<i>15</i>
24	19	23	15	23	20	23	24	27	31	<i>16</i>
23	21	24	26	27	27	25	28	23	25	<i>17</i>
25	25	32	24	24	24	23	25	30	21	<i>18</i>
26	21	24	27	26	25	28	21	24	23	<i>19</i>
21	25	22	23	27	26	23	21	25	30	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	0+000
<b>FIN KM:</b>	0+400

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	3
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	22	27	25	29	26	23	26	24	17	1
24	26	24	23	25	23	24	23	29	25	2
27	15	27	26	23	27	25	26	24	18	3
28	23	21	29	29	33	24	22	28	24	4
31	30	12	26	23	24	29	28	15	20	5
25	26	24	28	21	26	25	23	24	27	6
29	28	26	27	25	20	25	26	23	26	7
26	24	26	22	23	24	23	21	26	25	8
27	30	24	30	27	16	27	24	31	20	9
24	31	22	21	32	25	23	28	30	23	10
22	25	26	26	21	26	27	23	24	24	11
25	26	31	22	27	24	23	22	23	26	12
25	28	24	32	26	25	26	23	23	16	13
18	25	30	25	26	16	20	28	25	26	14
27	29	28	30	19	24	25	27	25	26	15
25	28	25	20	28	19	19	12	25	20	16
22	18	19	24	25	27	26	25	21	21	17
24	26	24	15	18	24	25	20	25	26	18
17	24	20	24	26	31	30	25	22	24	19
25	28	24	27	28	26	27	29	26	22	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	0+400
FIN KM:	0+800

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	4
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
26	24	27	22	28	27	22	25	27	29	<i>1</i>
22	21	24	27	25	24	21	27	24	24	<i>2</i>
24	21	25	24	22	20	14	25	27	26	<i>3</i>
23	17	18	24	26	24	25	24	24	22	<i>4</i>
25	23	25	26	17	27	25	23	15	24	<i>5</i>
23	17	23	23	25	27	21	25	28	23	<i>6</i>
26	24	16	23	23	24	28	22	14	22	<i>7</i>
23	23	25	24	23	23	25	24	23	21	<i>8</i>
24	26	32	24	25	24	21	19	23	24	<i>9</i>
23	27	29	23	29	26	12	28	19	25	<i>10</i>
24	23	25	22	14	20	21	21	24	27	<i>11</i>
28	26	24	27	21	26	25	23	27	28	<i>12</i>
26	19	23	25	23	25	23	18	16	28	<i>13</i>
24	23	19	17	33	26	27	24	25	26	<i>14</i>
21	24	24	15	22	23	24	28	26	24	<i>15</i>
22	13	20	17	23	25	26	20	31	25	<i>16</i>
24	25	18	24	26	25	16	16	28	25	<i>17</i>
23	23	25	25	17	26	25	26	20	31	<i>18</i>
22	25	20	23	27	24	26	24	24	25	<i>19</i>
24	30	23	24	16	28	26	30	20	30	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	0+400
<b>FIN KM:</b>	0+800

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	5
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	26	27	23	27	25	28	25	27	23	1
29	26	16	26	23	23	24	23	26	25	2
27	24	25	24	28	25	25	24	29	30	3
23	16	25	29	25	23	25	12	18	29	4
27	24	29	26	27	22	26	27	31	23	5
24	31	27	28	24	29	23	28	14	25	6
26	23	24	26	15	24	25	25	27	28	7
28	31	26	13	24	23	28	13	25	25	8
24	26	30	26	22	21	27	27	27	26	9
28	24	33	19	25	32	30	15	17	23	10
26	26	26	23	29	25	28	29	25	27	11
28	23	19	24	22	24	30	27	26	25	12
25	29	24	20	23	25	20	29	30	21	13
24	23	14	27	18	26	23	23	22	24	14
23	28	29	28	24	25	22	31	26	20	15
26	24	26	22	25	23	26	26	23	26	16
24	25	23	24	25	22	26	26	27	22	17
23	26	22	25	25	23	21	25	29	24	18
25	23	24	24	30	21	24	25	32	27	19
24	25	18	20	21	22	20	25	20	21	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	2+400
FIN KM:	2+800

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	6
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
20	23	33	22	26	25	23	26	21	20	<i>1</i>
22	27	24	28	26	23	27	25	23	21	<i>2</i>
23	23	25	25	18	22	26	19	30	23	<i>3</i>
25	27	23	24	23	25	23	17	26	27	<i>4</i>
25	22	26	24	23	31	23	24	20	26	<i>5</i>
18	24	21	23	25	14	25	24	24	22	<i>6</i>
29	24	22	27	24	27	24	30	25	18	<i>7</i>
24	27	21	25	28	24	22	26	27	21	<i>8</i>
25	23	24	21	28	19	21	23	22	31	<i>9</i>
22	24	25	22	24	24	22	23	24	17	<i>10</i>
25	20	24	27	13	24	25	23	22	15	<i>11</i>
27	24	31	26	21	29	24	21	20	19	<i>12</i>
30	12	24	24	19	23	25	25	24	30	<i>13</i>
24	30	22	25	22	22	22	23	27	19	<i>14</i>
22	32	17	24	32	18	31	29	24	23	<i>15</i>
27	17	25	23	24	29	26	25	25	13	<i>16</i>
21	23	19	21	26	26	28	21	26	21	<i>17</i>
24	16	25	26	26	28	21	23	25	22	<i>18</i>
20	26	25	24	24	15	24	25	23	24	<i>19</i>
21	27	25	23	22	21	22	22	23	21	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	2+400
FIN KM:	2+800

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	7
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	25	23	21	25	27	23	31	25	24	1
27	24	25	25	22	24	26	24	26	25	2
26	23	24	28	25	24	28	20	25	19	3
28	32	22	21	29	25	24	27	25	20	4
29	29	26	25	18	26	18	19	23	30	5
28	28	30	27	22	17	26	21	26	25	6
23	26	23	24	27	24	24	23	28	30	7
28	22	24	23	25	22	30	24	25	26	8
24	23	23	27	22	24	25	29	23	23	9
23	24	25	25	29	26	26	27	26	24	10
21	25	22	28	23	16	25	24	26	20	11
25	22	24	25	24	27	27	27	23	25	12
21	23	25	23	27	24	25	28	17	31	13
25	30	16	17	23	20	27	23	17	18	14
21	24	20	23	23	23	12	25	13	31	15
25	23	19	24	25	24	29	20	25	19	16
24	30	26	23	23	28	25	22	25	20	17
23	24	23	28	29	21	15	21	23	31	18
30	18	24	24	23	22	21	24	25	25	19
20	28	16	28	22	24	20	23	16	25	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	2+800
FIN KM:	3+200

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	29/10/2018

ENSAYO N°:	8
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
21	27	20	21	13	15	14	17	16	20	<i>1</i>
24	21	23	20	17	20	18	26	18	21	<i>2</i>
21	20	21	18	28	26	20	19	21	19	<i>3</i>
25	25	23	19	21	17	27	21	17	30	<i>4</i>
20	16	19	20	21	28	16	17	15	19	<i>5</i>
28	16	20	25	17	24	18	21	16	21	<i>6</i>
20	18	16	19	19	16	26	25	19	21	<i>7</i>
21	21	16	29	22	17	24	15	21	18	<i>8</i>
22	30	21	20	24	27	21	27	19	17	<i>9</i>
29	14	19	18	20	12	22	23	23	20	<i>10</i>
20	12	18	33	22	21	20	19	18	15	<i>11</i>
22	24	21	17	23	23	27	18	22	25	<i>12</i>
28	29	19	20	24	17	24	31	25	16	<i>13</i>
20	19	24	21	20	31	26	23	19	19	<i>14</i>
19	26	19	20	17	23	16	18	21	15	<i>15</i>
20	22	21	18	22	20	17	20	23	18	<i>16</i>
21	22	22	21	17	17	16	21	17	21	<i>17</i>
17	19	21	25	24	20	19	18	18	16	<i>18</i>
19	20	24	22	19	23	21	18	25	21	<i>19</i>
21	19	20	21	26	21	20	22	18	22	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	2+800
<b>FIN KM:</b>	3+200

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

ENSAYO N°:	9
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	24	27	28	23	26	24	23	25	25	1
28	22	22	23	24	20	20	24	21	22	2
22	28	21	22	20	25	22	21	25	26	3
23	23	23	28	27	23	23	27	23	23	4
23	20	24	25	22	25	22	29	24	31	5
21	25	26	27	23	20	21	22	17	16	6
25	24	22	26	28	22	23	19	17	30	7
22	30	25	27	22	21	28	24	28	26	8
24	20	23	19	25	24	22	22	23	29	9
23	21	32	26	13	28	24	15	24	21	10
22	31	23	16	23	23	24	29	21	29	11
25	18	22	20	28	12	12	30	33	21	12
26	23	16	31	23	27	20	27	29	24	13
22	24	29	26	20	24	24	22	24	22	14
26	23	22	24	24	27	21	23	30	30	15
26	26	29	20	16	24	21	24	24	23	16
23	25	24	27	31	23	23	14	22	17	17
21	22	22	22	21	25	23	22	21	22	18
22	25	25	19	22	25	27	18	23	23	19
26	32	20	26	21	24	22	23	22	21	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	4+800
FIN KM:	5+200

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.



# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	10
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
20	25	23	20	15	25	18	23	21	21	<i>1</i>
23	29	21	26	22	28	23	17	25	20	<i>2</i>
22	24	23	28	26	31	22	23	20	22	<i>3</i>
20	25	27	27	23	22	13	30	21	27	<i>4</i>
29	20	21	28	28	18	23	27	23	20	<i>5</i>
19	27	26	23	21	28	22	23	15	22	<i>6</i>
23	18	23	31	23	17	24	26	22	20	<i>7</i>
24	20	24	22	26	19	23	24	28	17	<i>8</i>
26	22	29	30	29	13	30	23	24	14	<i>9</i>
26	21	28	17	23	22	24	19	23	24	<i>10</i>
20	25	20	29	21	32	23	24	19	20	<i>11</i>
17	21	16	25	28	21	16	23	22	23	<i>12</i>
22	21	22	31	23	25	24	19	23	24	<i>13</i>
23	28	23	18	21	27	18	24	19	20	<i>14</i>
24	22	24	24	25	25	27	23	24	23	<i>15</i>
28	29	27	20	23	22	24	19	23	24	<i>16</i>
14	27	25	19	22	29	23	24	27	24	<i>17</i>
19	22	26	26	21	21	22	23	18	25	<i>18</i>
20	21	27	29	23	26	24	19	20	26	<i>19</i>
21	25	21	25	29	29	30	24	19	16	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	4+800
<b>FIN KM:</b>	5+200

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

ENSAYO N°:	11
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	22	20	21	19	20	23	22	24	27	1
20	21	19	24	26	23	22	15	23	24	2
19	20	16	26	28	24	18	21	20	23	3
21	22	25	17	19	20	23	27	24	26	4
20	25	19	26	28	23	22	22	23	24	5
19	16	18	20	26	24	25	21	27	23	6
21	22	20	22	25	20	23	26	23	26	7
20	21	19	18	22	23	17	19	22	24	8
27	20	26	25	24	25	15	18	21	17	9
18	29	28	23	21	22	33	32	23	19	10
23	14	24	29	23	31	21	19	30	24	11
22	25	23	24	15	24	22	30	21	26	12
21	21	29	27	21	20	23	17	24	19	13
25	22	24	19	28	23	22	19	15	24	14
22	28	23	24	25	24	24	27	22	23	15
21	27	22	23	21	20	23	22	30	29	16
23	14	13	25	23	17	22	19	23	24	17
26	20	28	19	20	24	21	20	27	23	18
16	28	20	13	21	20	23	22	24	19	19
20	21	26	24	18	23	16	19	23	22	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	5+200
FIN KM:	5+600

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

ENSAYO N°:	12
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
21	21	25	23	29	22	21	21	23	21	<i>1</i>
23	25	28	25	31	23	20	23	17	22	<i>2</i>
23	27	25	24	26	21	22	22	18	19	<i>3</i>
24	16	16	23	29	26	20	21	19	21	<i>4</i>
15	21	23	22	20	17	22	23	26	25	<i>5</i>
24	20	24	21	29	17	21	22	21	31	<i>6</i>
25	22	20	23	24	21	20	20	19	27	<i>7</i>
23	22	27	25	22	22	21	23	21	23	<i>8</i>
24	21	25	30	21	19	22	25	22	24	<i>9</i>
20	23	24	23	20	16	19	26	19	24	<i>10</i>
23	22	23	22	21	20	25	28	21	20	<i>11</i>
22	27	24	27	22	21	23	26	23	24	<i>12</i>
21	21	26	24	26	30	24	24	14	23	<i>13</i>
15	22	18	32	26	19	20	21	19	20	<i>14</i>
22	13	21	28	23	30	23	24	18	23	<i>15</i>
21	25	30	23	17	22	24	27	15	24	<i>16</i>
18	31	28	18	18	19	24	21	19	27	<i>17</i>
19	22	18	27	19	21	20	24	18	23	<i>18</i>
20	21	20	23	20	28	24	21	13	25	<i>19</i>
21	29	31	22	21	28	24	17	23	28	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	5+200
<b>FIN KM:</b>	5+600

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	(Sección 1)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

ENSAYO N°:	13
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
29	23	22	30	23	23	23	22	21	18	1
23	17	21	28	29	25	24	21	19	20	2
20	18	23	25	17	25	20	23	19	25	3
30	27	26	28	32	28	19	23	20	25	4
26	19	22	24	26	25	21	22	23	24	5
21	21	21	20	17	26	22	28	22	20	6
26	29	20	26	27	29	20	22	23	19	7
22	16	21	18	22	23	22	20	30	22	8
20	22	18	17	24	25	21	22	21	23	9
21	21	12	23	31	20	20	20	23	19	10
23	18	29	24	27	18	31	19	15	24	11
22	17	14	27	25	23	28	18	21	23	12
21	21	22	23	17	19	23	22	24	19	13
32	23	24	33	22	24	16	24	23	24	14
28	21	27	22	27	23	26	31	22	13	15
21	33	25	24	24	26	23	22	24	27	16
23	22	28	21	23	30	21	18	23	24	17
29	15	20	20	21	20	19	20	22	23	18
21	26	19	21	21	18	22	22	24	19	19
20	20	20	24	21	24	21	19	23	24	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	7+200
FIN KM:	7+600

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Desvío Caraca- Cara (Sección I)
<b>FECHA:</b>	05/11/2018

ENSAYO N°:	14
CARRIL:	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
30	22	26	30	23	22	27	20	21	27	<i>1</i>
24	29	27	24	31	19	26	23	32	28	<i>2</i>
26	21	29	15	25	26	25	26	23	25	<i>3</i>
27	30	26	27	23	25	33	24	25	28	<i>4</i>
29	21	24	26	25	24	23	29	16	27	<i>5</i>
24	20	25	24	17	25	26	22	25	23	<i>6</i>
25	28	26	22	24	22	26	27	31	19	<i>7</i>
26	13	30	21	26	21	25	16	29	24	<i>8</i>
23	25	25	24	21	20	24	28	22	23	<i>9</i>
22	27	29	29	27	27	17	26	12	26	<i>10</i>
26	21	19	23	26	30	20	20	23	24	<i>11</i>
23	26	21	26	25	34	23	24	25	23	<i>12</i>
30	26	20	26	26	25	24	20	24	19	<i>13</i>
21	26	26	25	13	27	31	23	21	26	<i>14</i>
25	20	30	28	23	26	22	29	24	18	<i>15</i>
23	18	26	28	22	30	21	25	25	17	<i>16</i>
25	22	24	22	25	25	33	29	21	19	<i>17</i>
28	25	31	21	28	29	18	15	24	18	<i>18</i>
27	21	26	23	25	22	24	27	20	32	<i>19</i>
24	26	28	22	21	21	20	24	28	23	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	7+200
<b>FIN KM:</b>	7+600

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

## Anexo B: Recolección de datos en campo / sección II

### HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	07/11/2018

ENSAYO N°:	15
CARRIL:	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
29	22	19	23	23	23	22	30	21	18	<i>1</i>
17	21	21	22	17	24	21	19	19	20	<i>2</i>
22	23	22	24	19	17	23	23	19	21	<i>3</i>
19	25	20	29	16	19	13	22	20	18	<i>4</i>
29	22	24	28	22	21	22	21	23	24	<i>5</i>
22	28	25	17	24	26	15	21	20	23	<i>6</i>
20	24	28	23	20	20	26	17	23	29	<i>7</i>
20	23	24	12	31	16	25	22	22	24	<i>8</i>
22	22	23	27	23	26	21	21	21	23	<i>9</i>
21	15	19	25	12	18	14	23	14	19	<i>10</i>
22	23	24	15	25	13	19	22	22	16	<i>11</i>
21	16	20	14	16	15	18	15	21	23	<i>12</i>
22	22	24	20	27	32	22	21	28	19	<i>13</i>
21	19	21	25	18	16	26	23	23	24	<i>14</i>
20	24	24	20	30	26	21	22	22	23	<i>15</i>
19	27	21	24	17	25	22	21	24	19	<i>16</i>
21	19	20	23	18	18	18	23	23	24	<i>17</i>
22	22	27	27	20	21	19	21	23	21	<i>18</i>
21	19	21	26	18	23	20	22	24	23	<i>19</i>
20	24	24	22	20	22	21	19	20	22	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	9+200
<b>FIN KM:</b>	9+600

**Observaciones:** inicio de la sección III, con características de presencia de relieves accidentados, curvas y quebradas.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	07/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	16
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	19	23	16	16	15	22	19	29	19	<i>1</i>
21	21	24	20	26	17	21	19	17	24	<i>2</i>
20	25	20	27	15	20	23	20	22	23	<i>3</i>
30	30	20	22	22	14	19	23	19	19	<i>4</i>
19	21	22	18	17	12	22	23	21	24	<i>5</i>
25	23	14	16	16	15	21	22	27	31	<i>6</i>
22	19	22	24	19	22	20	18	20	19	<i>7</i>
21	22	19	25	21	21	15	22	21	24	<i>8</i>
20	20	20	19	23	20	25	24	24	23	<i>9</i>
17	15	29	16	17	19	24	23	21	19	<i>10</i>
16	19	17	28	16	21	21	19	20	24	<i>11</i>
15	22	26	13	16	21	22	18	25	23	<i>12</i>
14	13	28	18	18	19	24	20	21	32	<i>13</i>
17	26	25	18	23	22	27	22	20	19	<i>14</i>
29	22	19	20	16	21	18	19	19	18	<i>15</i>
27	21	21	28	18	20	20	24	33	17	<i>16</i>
22	23	22	31	25	19	21	20	24	19	<i>17</i>
26	19	20	19	19	21	24	23	20	18	<i>18</i>
21	22	24	20	17	22	20	24	21	17	<i>19</i>
22	21	23	21	18	19	17	20	24	23	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frio	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	9+200
<b>FIN KM:</b>	9+600

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	07/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	17
<b>CARRIL:</b>	D I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
22	19	29	23	14	23	25	16	21	18	<i>1</i>
21	21	17	22	22	20	20	18	20	20	<i>2</i>
23	17	18	19	23	19	17	25	19	21	<i>3</i>
27	24	20	21	22	18	22	14	23	18	<i>4</i>
22	23	21	21	21	23	20	20	23	24	<i>5</i>
28	23	22	17	25	31	24	29	27	23	<i>6</i>
24	19	20	23	23	20	21	16	26	19	<i>7</i>
23	24	20	13	15	20	20	26	22	24	<i>8</i>
22	23	22	19	22	23	17	17	29	23	<i>9</i>
25	21	21	15	20	21	21	20	23	19	<i>10</i>
24	19	22	30	13	14	19	21	20	24	<i>11</i>
23	21	21	21	14	16	15	18	21	23	<i>12</i>
19	19	20	20	21	26	27	22	24	19	<i>13</i>
14	17	32	19	23	20	26	19	23	24	<i>14</i>
30	20	22	21	22	13	17	22	22	23	<i>15</i>
16	16	21	15	21	31	15	28	20	19	<i>16</i>
24	19	22	22	23	21	28	19	21	24	<i>17</i>
18	22	22	25	21	22	24	24	24	23	<i>18</i>
19	21	21	23	22	21	23	23	18	19	<i>19</i>
24	24	20	22	19	20	19	22	22	23	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	9+600
<b>FIN KM:</b>	10+000

Observaciones: No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.



# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	07/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	18
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
<b>19</b>	23	23	23	20	18	23	19	29	19		<b>1</b>
<b>21</b>	24	24	24	21	17	24	16	17	19		<b>2</b>
<b>22</b>	20	20	20	24	23	20	28	21	22		<b>3</b>
<b>22</b>	20	25	28	22	22	23	23	22	25		<b>4</b>
<b>21</b>	22	19	23	20	18	21	19	31	24		<b>5</b>
<b>19</b>	21	22	15	21	26	24	24	20	23		<b>6</b>
<b>24</b>	24	23	21	26	22	20	22	20	19		<b>7</b>
<b>23</b>	20	19	23	29	21	23	19	21	24		<b>8</b>
<b>21</b>	29	31	22	32	20	27	24	24	23		<b>9</b>
<b>13</b>	20	19	22	17	25	23	23	18	19		<b>10</b>
<b>19</b>	30	16	30	13	21	22	19	20	24		<b>11</b>
<b>16</b>	25	22	24	14	21	30	18	27	23		<b>12</b>
<b>19</b>	23	25	18	18	19	16	20	21	19		<b>13</b>
<b>15</b>	14	17	18	16	22	21	22	31	19		<b>14</b>
<b>22</b>	19	27	20	14	21	24	19	19	18		<b>15</b>
<b>21</b>	19	20	22	18	20	20	24	21	17		<b>16</b>
<b>23</b>	33	19	24	18	19	21	20	24	19		<b>17</b>
<b>19</b>	16	21	14	19	21	24	23	20	18		<b>18</b>
<b>22</b>	16	21	22	17	22	20	24	21	17		<b>19</b>
<b>21</b>	19	20	22	18	19	17	20	24	23		<b>20</b>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	9+600
<b>FIN KM:</b>	10+000

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	08/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	19
<b>CARRIL:</b>	D I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
19	29	18	23	14	22	23	18	16	21	<i>1</i>
21	18	20	22	21	21	18	20	18	25	<i>2</i>
26	29	21	26	23	23	27	17	17	19	<i>3</i>
29	25	22	21	22	21	16	25	17	20	<i>4</i>
26	21	24	22	21	22	18	19	29	19	<i>5</i>
23	22	25	17	20	27	24	16	19	22	<i>6</i>
28	13	25	31	23	24	20	21	23	20	<i>7</i>
24	20	24	32	22	23	20	22	17	19	<i>8</i>
23	23	26	12	25	22	13	28	31	21	<i>9</i>
16	28	18	30	23	25	26	23	16	21	<i>10</i>
26	22	24	22	19	27	17	27	19	20	<i>11</i>
26	27	22	27	27	25	22	20	21	16	<i>12</i>
26	15	31	23	26	19	25	22	26	20	<i>13</i>
30	16	24	18	20	17	17	18	17	19	<i>14</i>
24	23	20	13	22	30	22	14	22	22	<i>15</i>
24	21	22	15	21	16	17	27	28	20	<i>16</i>
22	25	24	22	23	24	28	16	19	21	<i>17</i>
28	14	23	20	21	22	22	24	24	24	<i>18</i>
20	27	19	23	22	19	21	26	23	18	<i>19</i>
23	23	23	22	19	24	20	19	22	22	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	12+000
<b>FIN KM:</b>	12+400

**Observaciones:** Existen ondulaciones, zona de relieve accidentado.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	08/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	20
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
<b>23</b>	23	19	18	23	20	23	19	25	19		<b>1</b>
<b>24</b>	24	21	17	24	21	14	16	18	19		<b>2</b>
<b>20</b>	20	22	23	20	17	20	18	21	22		<b>3</b>
<b>26</b>	23	22	22	20	22	29	21	22	21		<b>4</b>
<b>19</b>	14	27	18	28	29	23	19	20	24		<b>5</b>
<b>24</b>	24	25	21	22	10	14	24	20	23		<b>6</b>
<b>23</b>	24	21	28	19	21	20	22	14	19		<b>7</b>
<b>21</b>	12	13	18	15	25	18	22	22	25		<b>8</b>
<b>23</b>	22	26	32	15	17	21	22	25	21		<b>9</b>
<b>19</b>	22	12	23	17	21	16	12	15	13		<b>10</b>
<b>16</b>	15	25	21	21	22	21	26	24	24		<b>11</b>
<b>15</b>	21	25	28	17	21	23	23	18	23		<b>12</b>
<b>27</b>	18	13	25	15	31	20	22	26	19		<b>13</b>
<b>24</b>	18	15	22	25	16	16	22	20	19		<b>14</b>
<b>27</b>	20	22	21	19	16	14	22	22	18		<b>15</b>
<b>20</b>	22	21	20	19	13	15	22	20	30		<b>16</b>
<b>24</b>	24	23	19	17	18	21	20	24	19		<b>17</b>
<b>21</b>	12	19	12	16	30	21	23	20	18		<b>18</b>
<b>21</b>	22	22	22	16	22	20	24	21	17		<b>19</b>
<b>20</b>	22	21	19	19	18	17	20	24	23		<b>20</b>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	12+000
<b>FIN KM:</b>	12+400

**Observaciones:** Existen ondulaciones, zona accidentada con curvas sinuosas.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	08/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	21
<b>CARRIL:</b>	D I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
29	18	19	23	19	22	22	21	18	21		1
17	20	21	22	20	17	21	21	30	19		2
16	21	17	19	21	20	23	17	17	19		3
17	18	20	21	22	16	25	22	14	20		4
21	25	16	15	21	25	22	17	20	23		5
22	23	23	22	20	24	21	16	28	22		6
20	19	13	23	14	20	24	21	19	20		7
20	20	24	25	21	20	23	23	17	19		8
22	23	23	26	26	23	26	20	16	21		9
21	19	26	15	23	30	16	22	25	19		10
22	24	20	13	19	17	18	18	27	19		11
21	32	27	21	22	29	19	12	29	22		12
15	21	22	15	31	31	19	22	22	21		13
17	20	21	20	25	17	18	18	20	24		14
23	14	24	18	22	16	30	14	20	23		15
12	15	23	28	21	17	16	15	20	19		16
19	16	27	27	18	21	24	16	22	24		17
14	23	19	20	18	22	22	24	20	23		18
16	19	20	23	22	21	19	23	23	18		19
23	23	23	22	19	20	24	19	22	22		20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	12+400
<b>FIN KM:</b>	12+800

Observaciones: presencia de curvas sinuosas y quebradas.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	08/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	22
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	19	23	18	23	26	24	20	23	26	<i>1</i>
24	21	24	17	24	17	23	21	24	16	<i>2</i>
20	22	20	23	21	21	19	24	20	16	<i>3</i>
19	25	21	22	33	22	24	22	23	23	<i>4</i>
22	27	19	18	23	20	25	29	23	19	<i>5</i>
21	17	21	20	22	13	18	26	24	24	<i>6</i>
24	16	30	25	19	20	22	30	31	22	<i>7</i>
23	17	16	14	25	22	24	26	15	22	<i>8</i>
22	21	24	15	18	23	23	13	21	22	<i>9</i>
19	23	25	18	27	18	19	28	24	19	<i>10</i>
20	19	30	20	20	24	20	14	28	24	<i>11</i>
19	16	27	25	12	24	23	21	18	23	<i>12</i>
14	19	26	23	28	20	19	21	31	22	<i>13</i>
17	15	18	27	21	20	25	32	16	22	<i>14</i>
29	13	28	21	20	22	18	16	20	22	<i>15</i>
20	25	22	20	19	20	20	29	15	22	<i>16</i>
19	23	21	19	17	24	19	18	21	20	<i>17</i>
21	19	23	21	16	20	18	21	24	23	<i>18</i>
21	22	22	22	16	21	21	17	20	24	<i>19</i>
20	21	22	21	19	24	23	18	17	21	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	12+400
<b>FIN KM:</b>	12+800

Observaciones: presencia de curvas sinuosas y quebradas.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	09/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	23
<b>CARRIL:</b>	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	20	23	18	21	29	24	20	23	19	<i>1</i>
24	15	24	17	24	17	23	21	21	16	<i>2</i>
20	19	20	28	20	21	19	24	20	16	<i>3</i>
19	21	19	22	20	22	24	27	23	23	<i>4</i>
22	19	21	18	21	18	23	29	25	19	<i>5</i>
21	15	25	23	22	20	26	23	24	24	<i>6</i>
24	20	21	24	30	25	22	16	28	22	<i>7</i>
23	22	16	26	17	23	14	21	15	22	<i>8</i>
22	19	24	19	23	22	23	14	21	22	<i>9</i>
26	16	27	24	22	21	19	12	13	23	<i>10</i>
20	19	30	22	18	20	21	33	20	21	<i>11</i>
19	14	24	21	16	17	23	20	25	23	<i>12</i>
27	20	18	31	21	22	19	17	18	22	<i>13</i>
17	26	13	25	26	21	25	23	16	31	<i>14</i>
29	21	20	15	27	20	22	20	14	22	<i>15</i>
20	29	22	24	22	16	23	17	15	22	<i>16</i>
19	19	21	23	14	17	19	18	21	20	<i>17</i>
21	15	23	19	21	22	18	19	24	23	<i>18</i>
21	20	22	26	16	21	17	17	28	24	<i>19</i>
20	15	22	19	19	24	23	18	13	20	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	15+200
<b>FIN KM:</b>	15+600

**Observaciones:** presencia de curvas sinuosas y quebradas.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	08/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	24
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
18	19	22	23	19	21	23	20	20	19	<i>1</i>
20	22	18	22	16	21	22	15	15	16	<i>2</i>
21	21	20	19	21	17	20	25	19	21	<i>3</i>
18	21	18	20	20	22	23	16	22	26	<i>4</i>
24	22	18	15	16	17	23	30	21	20	<i>5</i>
32	23	24	21	25	21	21	14	22	15	<i>6</i>
19	19	23	17	24	22	25	21	18	23	<i>7</i>
21	23	28	13	23	18	22	18	19	20	<i>8</i>
20	25	20	16	22	17	31	24	29	21	<i>9</i>
15	20	19	19	22	14	21	20	26	29	<i>10</i>
24	19	25	17	26	25	26	24	18	23	<i>11</i>
22	19	20	16	18	21	27	21	20	22	<i>12</i>
21	26	17	18	21	22	25	15	25	18	<i>13</i>
20	13	21	14	21	18	21	20	23	17	<i>14</i>
15	16	31	12	14	14	14	13	19	23	<i>15</i>
15	20	20	21	30	19	20	20	17	17	<i>16</i>
21	19	24	29	27	17	19	22	19	18	<i>17</i>
23	28	20	27	16	29	21	20	18	22	<i>18</i>
22	19	24	22	19	16	22	16	17	17	<i>19</i>
19	16	19	19	24	19	19	23	23	18	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	15+200
<b>FIN KM:</b>	15+600

**Observaciones:** presencia de curvas sinuosas y quebradas.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	09/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	25
<b>CARRIL:</b>	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
20	23	23	19	23	23	18	20	19	23	<i>1</i>
15	24	24	22	16	22	21	21	22	24	<i>2</i>
19	23	20	19	20	22	13	24	19	20	<i>3</i>
20	19	19	29	17	23	17	21	21	23	<i>4</i>
22	14	15	20	12	21	21	24	21	23	<i>5</i>
21	19	14	29	25	17	19	13	18	18	<i>6</i>
23	21	25	20	18	16	21	20	12	23	<i>7</i>
13	19	24	22	19	16	22	26	17	17	<i>8</i>
19	16	14	19	24	21	21	23	23	18	<i>9</i>
20	27	30	21	22	21	20	22	22	18	<i>10</i>
19	20	20	28	16	26	18	24	24	20	<i>11</i>
15	19	24	21	17	25	21	23	25	18	<i>12</i>
18	22	18	22	20	21	22	22	22	22	<i>13</i>
17	15	24	15	22	22	18	21	20	16	<i>14</i>
23	21	20	19	31	14	16	18	22	23	<i>15</i>
24	26	23	28	26	23	17	17	22	15	<i>16</i>
15	25	13	19	23	17	12	28	16	15	<i>17</i>
15	20	23	19	30	23	14	23	18	17	<i>18</i>
20	22	27	22	27	23	17	13	21	13	<i>19</i>
27	20	23	23	21	19	29	21	22	20	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	15+600
<b>FIN KM:</b>	16+000

**Observaciones:** Existen ondulaciones, zona de relieve accidentado.

---



# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	09/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	26
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
19	26	20	18	22	25	23	20	19	20	<i>1</i>
21	22	15	22	19	20	21	26	16	21	<i>2</i>
17	20	24	21	32	21	15	19	22	19	<i>3</i>
21	18	20	18	21	18	21	16	26	22	<i>4</i>
19	21	26	24	20	16	21	19	20	21	<i>5</i>
23	22	30	31	17	27	16	16	15	22	<i>6</i>
19	23	19	29	19	21	17	19	23	18	<i>7</i>
23	21	18	26	27	31	20	20	20	19	<i>8</i>
21	22	21	20	19	21	13	24	21	16	<i>9</i>
20	19	21	15	16	22	15	20	24	21	<i>10</i>
19	21	17	24	22	22	16	24	23	18	<i>11</i>
19	20	16	22	19	18	19	20	22	20	<i>12</i>
18	17	17	21	21	20	17	28	18	24	<i>13</i>
30	18	14	20	22	21	16	33	17	28	<i>14</i>
21	22	12	29	19	14	25	19	15	25	<i>15</i>
23	20	12	15	21	20	15	14	20	15	<i>16</i>
24	23	22	16	22	19	14	17	15	14	<i>17</i>
15	21	25	23	18	22	13	29	19	13	<i>18</i>
20	28	16	22	22	21	25	19	15	25	<i>19</i>
27	23	16	19	19	24	19	23	18	23	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	15+600
<b>FIN KM:</b>	16+000

**Observaciones:** Existen ondulaciones, zona de relieve accidentado.

---

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	13/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	27
<b>CARRIL:</b>	D I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	22	18	22	18	23	25	22	25	23	<i>1</i>
24	17	20	17	14	21	20	19	20	24	<i>2</i>
20	20	21	13	16	20	19	21	22	20	<i>3</i>
19	26	18	28	18	19	20	21	20	19	<i>4</i>
22	18	18	22	24	22	25	22	25	21	<i>5</i>
19	22	12	30	30	19	21	22	25	19	<i>6</i>
25	19	22	25	19	21	19	29	20	15	<i>7</i>
22	21	20	16	17	12	21	24	21	22	<i>8</i>
20	22	25	24	20	20	20	18	21	20	<i>9</i>
23	19	16	29	26	23	18	18	22	23	<i>10</i>
13	21	23	24	28	13	31	22	22	13	<i>11</i>
22	18	22	20	20	15	21	19	18	16	<i>12</i>
21	16	21	28	18	19	20	21	20	19	<i>13</i>
18	23	24	21	22	27	19	21	21	15	<i>14</i>
20	27	21	28	21	20	23	26	14	20	<i>15</i>
15	20	22	14	21	27	17	14	20	15	<i>16</i>
19	20	27	17	22	30	13	21	19	21	<i>17</i>
20	17	21	29	22	20	23	19	22	20	<i>18</i>
21	22	20	19	17	21	22	18	21	21	<i>19</i>
20	15	23	23	19	20	19	19	24	20	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frio	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	18+000
<b>FIN KM:</b>	18+400

**Observaciones:** Presencia de ondulaciones leves

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 2
<b>FECHA:</b>	13/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	28
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	23	23	23	19	20	21	23	18	19	<i>1</i>
24	24	27	22	16	21	21	24	17	21	<i>2</i>
20	20	27	16	24	18	17	27	29	17	<i>3</i>
26	23	19	19	23	24	22	26	18	16	<i>4</i>
27	22	15	15	19	22	26	26	15	16	<i>5</i>
26	19	24	24	24	21	17	20	31	23	<i>6</i>
30	31	20	16	24	26	19	13	18	19	<i>7</i>
27	21	24	23	28	22	24	25	25	23	<i>8</i>
24	22	25	24	22	23	17	29	19	23	<i>9</i>
29	23	30	22	25	19	23	23	22	16	<i>10</i>
21	23	20	21	22	24	17	20	20	19	<i>11</i>
14	15	24	20	23	23	13	25	32	19	<i>12</i>
24	19	23	26	22	28	29	25	17	22	<i>13</i>
18	113	24	14	22	22	26	21	18	21	<i>14</i>
24	26	20	19	22	21	25	14	21	24	<i>15</i>
22	15	25	21	30	23	19	23	22	23	<i>16</i>
25	25	28	26	20	25	17	20	19	22	<i>17</i>
28	20	25	25	25	18	16	17	21	19	<i>18</i>
22	21	30	15	24	24	16	20	20	20	<i>19</i>
26	20	22	14	20	20	19	20	18	23	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frio	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	18+000
<b>FIN KM:</b>	18+400

**Observaciones:** Presencia de ondulaciones leves

## Anexo C: Recolección de datos en campo / sección III

### HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	29
<b>CARRIL:</b>	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	23	18	18	22	23	23	22	23	25	1
17	24	25	24	17	24	25	27	31	20	2
24	20	21	26	24	25	22	16	25	22	3
23	26	18	23	25	28	18	22	26	18	4
27	22	18	24	12	24	16	17	22	21	5
24	26	16	16	25	23	12	24	22	21	6
19	24	24	19	21	17	14	25	28	26	7
24	29	14	15	27	29	26	23	15	20	8
26	20	23	20	15	26	22	16	24	22	9
25	23	22	25	20	23	18	23	23	22	10
21	13	23	24	17	13	22	22	13	22	11
26	15	22	27	28	26	21	19	31	25	12
16	24	12	26	29	19	32	27	23	20	13
23	23	24	24	21	26	19	21	23	21	14
17	29	23	22	30	20	15	25	20	26	15
26	28	22	21	26	24	17	14	23	20	16
26	24	25	22	17	23	27	16	24	25	17
25	25	23	22	21	20	23	19	20	22	18
22	21	24	23	19	21	22	18	21	21	19
15	25	15	19	23	25	19	19	20	24	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	19+200
<b>FIN KM:</b>	19+600

**Observaciones:** Inicio de los ensayos en la sección III, próxima a la zona urbana de la ciudad de Lampa.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	30
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
19	18	18	22	18	23	20	17	23	27	<i>1</i>
21	22	20	17	29	24	26	20	22	16	<i>2</i>
20	19	21	24	29	20	30	20	18	19	<i>3</i>
20	22	28	23	19	21	18	21	18	28	<i>4</i>
25	19	18	20	26	19	20	20	20	17	<i>5</i>
30	19	28	21	21	23	26	23	24	19	<i>6</i>
16	16	23	19	18	30	14	18	25	23	<i>7</i>
22	23	21	22	18	23	20	26	20	15	<i>8</i>
19	20	21	21	28	24	21	21	22	26	<i>9</i>
18	21	19	28	16	23	27	19	18	18	<i>10</i>
22	14	25	23	18	19	22	21	29	22	<i>11</i>
19	23	21	14	24	22	27	25	14	19	<i>12</i>
21	19	20	16	26	23	20	21	20	22	<i>13</i>
22	24	18	15	24	20	28	20	19	21	<i>14</i>
19	20	22	31	20	15	23	21	15	25	<i>15</i>
21	17	19	16	15	19	27	29	17	14	<i>16</i>
20	31	20	23	22	17	19	26	13	17	<i>17</i>
18	20	17	23	22	29	22	20	23	27	<i>18</i>
22	21	22	20	25	19	21	21	23	18	<i>19</i>
19	15	25	27	19	23	24	20	27	19	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	19+200
<b>FIN KM:</b>	19+600

**Observaciones:** Inicio de los ensayos en la sección III, próxima a la zona urbana de la ciudad de Lampa.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

ENSAYO N°:	31
CARRIL:	D I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	22	28	23	31	22	29	32	19	22	1
20	25	24	24	24	25	27	26	25	26	2
28	15	25	18	22	20	23	21	26	21	3
23	23	23	25	23	23	24	25	29	23	4
25	28	24	25	25	23	23	25	20	25	5
30	25	24	27	23	25	23	30	26	24	6
21	22	29	24	26	16	24	20	22	21	7
20	24	27	25	31	14	28	21	23	24	8
23	16	23	31	17	23	25	27	28	23	9
25	24	24	22	24	27	20	25	20	26	10
22	26	17	29	22	25	17	29	29	20	11
21	24	25	25	24	27	24	22	23	25	12
23	18	20	21	25	19	17	20	20	24	13
21	21	24	31	25	29	21	30	21	28	14
24	27	27	31	27	24	24	19	27	25	15
22	25	21	23	29	23	20	22	25	33	16
14	30	24	21	24	24	16	28	22	16	17
23	24	32	21	23	25	22	24	18	26	18
18	32	27	20	22	21	25	20	22	28	19
30	22	26	21	26	22	23	15	19	29	20

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

INICIO KM:	20+400
FIN KM:	20+800

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica. Entrando a una zona urbana.

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	32
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
28	24	25	15	21	28	14	20	22	28	<i>1</i>
27	19	19	20	22	26	21	25	28	26	<i>2</i>
30	25	23	23	27	29	22	20	26	23	<i>3</i>
26	21	19	20	23	31	23	21	20	22	<i>4</i>
22	24	22	19	24	26	31	22	22	20	<i>5</i>
23	21	26	23	20	23	24	20	23	27	<i>6</i>
24	22	12	21	25	20	22	16	27	15	<i>7</i>
13	18	27	15	21	24	21	17	23	16	<i>8</i>
23	23	21	27	30	21	20	25	24	24	<i>9</i>
24	15	22	27	21	19	21	28	23	23	<i>10</i>
23	22	25	20	21	22	19	30	18	22	<i>11</i>
25	13	21	23	18	24	25	20	20	18	<i>12</i>
26	21	27	22	23	22	25	19	16	22	<i>13</i>
23	23	25	28	22	20	20	26	19	20	<i>14</i>
23	16	21	20	21	23	23	23	29	29	<i>15</i>
22	24	14	26	28	21	17	19	17	18	<i>16</i>
23	12	26	20	17	25	22	28	23	20	<i>17</i>
21	17	29	23	21	22	27	18	19	19	<i>18</i>
24	21	23	24	26	24	23	21	24	23	<i>19</i>
20	32	13	20	21	20	19	24	20	22	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	20+400
<b>FIN KM:</b>	20+800

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica. Entrando a una zona urbana.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	33
<b>CARRIL:</b>	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
23	24	29	24	19	18	17	21	22	20	<i>1</i>
23	29	19	20	33	14	28	22	28	18	<i>2</i>
24	25	23	23	19	22	21	17	14	23	<i>3</i>
21	21	19	20	30	27	20	26	20	16	<i>4</i>
20	24	21	21	121	15	18	21	22	20	<i>5</i>
23	21	12	16	21	21	24	20	17	19	<i>6</i>
24	22	22	21	22	15	21	18	21	15	<i>7</i>
29	21	22	25	20	21	21	20	23	18	<i>8</i>
23	13	21	27	22	23	20	22	21	24	<i>9</i>
26	25	20	27	20	16	25	23	23	23	<i>10</i>
23	21	24	20	15	32	22	22	21	22	<i>11</i>
22	24	21	12	21	24	21	20	22	18	<i>12</i>
26	21	18	22	23	23	25	31	16	18	<i>13</i>
30	23	25	12	18	20	20	15	21	20	<i>14</i>
23	21	19	20	21	19	22	23	26	21	<i>15</i>
22	23	23	17	31	21	22	19	17	18	<i>16</i>
23	27	22	20	18	25	22	18	21	20	<i>17</i>
29	22	22	23	22	22	27	24	18	18	<i>18</i>
24	22	23	24	26	24	23	21	24	23	<i>19</i>
20	19	23	28	21	20	22	24	20	16	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frio	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	20+800
<b>FIN KM:</b>	21+200

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.



# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	34
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
25	24	29	24	23	27	24	25	23	28	<i>1</i>
27	25	25	28	26	25	23	20	25	23	<i>2</i>
30	26	17	23	19	26	26	23	22	28	<i>3</i>
21	15	17	26	27	27	18	15	27	25	<i>4</i>
29	29	21	16	23	24	20	16	29	28	<i>5</i>
24	25	23	22	25	13	23	12	28	25	<i>6</i>
31	26	26	26	22	27	26	18	25	24	<i>7</i>
25	22	25	32	14	12	24	31	30	30	<i>8</i>
27	24	20	28	22	27	23	19	24	25	<i>9</i>
23	29	18	29	22	25	24	33	25	26	<i>10</i>
23	27	26	27	25	24	21	22	21	23	<i>11</i>
30	23	22	24	26	23	28	23	24	22	<i>12</i>
23	26	24	28	26	26	19	26	24	25	<i>13</i>
25	25	20	25	30	26	25	29	21	21	<i>14</i>
29	29	27	30	23	28	24	29	26	23	<i>15</i>
24	25	23	26	25	28	23	24	26	21	<i>16</i>
30	16	26	22	22	23	27	21	31	25	<i>17</i>
25	24	25	23	30	28	25	24	28	25	<i>18</i>
27	33	20	19	27	28	24	21	22	22	<i>19</i>
27	23	29	24	18	28	23	28	22	24	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	20+800
<b>FIN KM:</b>	21+200

**Observaciones:** No se observan daños superficiales sobre la carpeta asfáltica.

# **HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN**

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	35
<b>CARRIL:</b>	<b>D</b> I

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
22	26	24	23	25	22	25	26	27	24	<i>1</i>
21	18	19	21	23	25	26	20	25	22	<i>2</i>
24	15	24	20	21	26	23	26	24	28	<i>3</i>
23	17	23	29	26	25	27	23	19	26	<i>4</i>
26	25	27	30	23	24	23	26	30	18	<i>5</i>
20	26	33	20	25	26	28	21	22	26	<i>6</i>
23	24	25	28	27	22	26	28	18	24	<i>7</i>
26	25	24	13	24	28	19	25	24	26	<i>8</i>
24	12	23	24	23	16	23	31	24	25	<i>9</i>
22	22	32	27	21	19	24	29	30	23	<i>10</i>
26	23	23	22	23	25	18	23	26	25	<i>11</i>
25	21	28	16	25	32	29	21	28	18	<i>12</i>
20	28	27	16	22	25	27	21	24	25	<i>13</i>
25	23	14	24	14	28	26	29	22	22	<i>14</i>
24	24	23	26	23	23	29	29	26	21	<i>15</i>
23	20	16	24	26	21	18	24	24	20	<i>16</i>
26	26	21	25	33	25	26	27	25	17	<i>17</i>
23	28	31	21	20	24	28	23	27	23	<i>18</i>
26	19	25	24	19	22	23	24	25	15	<i>19</i>
25	26	21	29	24	19	24	27	20	26	<i>20</i>

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	21+200
<b>FIN KM:</b>	21+600

**Observaciones:** Este sector se encuentra próximo a la zona urbana de la ciudad de Lampa

# HOJA DE CAMPO - ENSAYO CON EL RUGOSÍMETRO MERLIN

<b>CARRETERA:</b>	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)
<b>SECTOR:</b>	Sección 3
<b>FECHA:</b>	14/11/2018

<b>ENSAYO N°:</b>	36
<b>CARRIL:</b>	D <b>I</b>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
27	29	25	27	25	26	27	24	22	27	<i>1</i>
28	25	14	24	22	21	24	19	25	19	<i>2</i>
25	22	24	25	26	24	24	24	26	30	<i>3</i>
18	24	16	26	24	22	26	18	26	29	<i>4</i>
24	29	23	24	28	30	25	19	25	25	<i>5</i>
22	25	26	22	27	31	25	21	20	22	<i>6</i>
18	24	21	31	21	24	30	20	24	26	<i>7</i>
21	20	26	23	22	20	23	23	23	21	<i>8</i>
26	23	17	29	23	24	26	25	26	27	<i>9</i>
30	29	21	23	28	28	23	15	24	15	<i>10</i>
29	33	22	23	23	19	25	21	21	26	<i>11</i>
21	24	23	22	20	27	27	23	17	28	<i>12</i>
27	26	15	23	27	27	23	20	25	25	<i>13</i>
25	17	26	23	26	23	13	24	23	30	<i>14</i>
20	24	23	25	17	17	16	23	25	24	<i>15</i>
26	23	21	23	23	24	25	24	20	25	<i>16</i>
19	24	27	12	28	18	27	23	24	26	<i>17</i>
26	25	19	16	23	22	23	24	25	24	<i>18</i>
22	28	25	22	24	25	25	23	26	27	<i>19</i>
25	27	26	24	18	26	28	14	25	22	<i>20</i>

Tipo de pavimento	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>INICIO KM:</b>	21+200
<b>FIN KM:</b>	21+600

Observaciones: Ingreso a la zona urbana de Lampa.

CARRITERA:	Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas. (Tramo I)	Resp.:	Karen K. Margas Quispe
PAVIMENTO	CARPETA ASFÁLTICA	Fecha	29/10/2018

## REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

### MERLIN

**SECTOR :** Dv. Cara Cara/Sección I

**PROGRESO :** km 0+000 al km      0+400

**LADO :** CARRIL DERECHO

**CALCULOS**

F = 0.527

D = 51.462 mm

RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471xD

= 3.012 IRI

PSI = 5 / [e<sup>(R.S.S.)</sup>]

= 2.892

### HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	20	22	27	22	21	30	29	23	19		1
23	29	21	26	27	20	25	22	26	21		2
19	21	24	22	23	26	26	26	22	27		3
22	31	31	23	21	21	21	22	28	22		4
19	21	24	20	23	28	30	28	23	19		5
20	23	22	20	21	20	26	24	30	25		6
21	16	17	29	23	29	24	30	19	22		7
23	23	26	21	19	23	21	27	19	26		8
26	23	22	27	16	25	26	19	21	22		9
23	21	16	22	22	22	25	29	30	26		10
21	16	20	14	24	23	14	20	24	25		11
29	17	25	22	17	22	21	16	30	24		12
32	21	22	27	25	24	17	20	24	15		13
23	26	27	23	25	31	22	20	22	24		14
30	22	26	29	28	23	26	23	22	23		15
23	27	26	21	29	23	19	20	23	21		16
29	23	25	19	22	25	26	26	23	16		17
21	25	27	25	20	24	16	21	24	22		18
27	23	22	28	23	21	24	19	23	26		19
22	27	30	22	23	25	26	23	17	24		20



Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	29/10/2018

**MERLIN**

= 2.565

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	22	27	25	25	26	23	26	24	17		
24	26	24	23	29	23	24	23	29	25		1
27	15	27	26	23	27	25	26	24	16		2
26	23	21	26	29	33	24	22	26	24		3
31	30	12	26	23	24	29	26	15	20		4
25	26	24	28	21	26	25	23	24	27		5
29	26	26	27	25	20	25	26	23	27		6
26	24	26	22	23	24	23	21	26	25		7
27	30	24	30	27	16	27	24	31	20		8
24	31	22	21	32	25	23	28	30	23		9
22	25	26	26	21	26	27	23	23	24		10
25	26	31	22	27	24	23	22	23	26		11
25	26	24	32	26	25	26	23	23	16		12
18	25	30	25	26	16	20	26	25	26		13
27	29	26	30	19	24	25	27	25	26		14
25	26	25	20	26	19	12	25	20			15
22	16	19	24	25	27	26	25	21	21		16
24	26	24	15	18	24	25	20	25	26		17
17	24	20	24	26	31	30	25	22	24		18
25	26	24	27	26	27	29	26	22	22		19

[illegible]

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

Keep.

Karen K. Margas Quijpe

## Einleitung

29/10/2018

**MERLIN**

SECTOR : Section I

PROGRESA : km 0+400 al km 0+500

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.627$$

D = 51.26 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.00 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(R/S)}]$$

= 2.90

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	24	27	22	28	27	22	25	27	29	
22	21	24	27	25	24	21	27	24		2
24	21	25	24	22	20	14	25	27	26	
23	17	18	24	26	24	25	24	24	22	
25	23	25	26	17	27	25	23	15	24	5
23	17	23	23	25	27	21	25	26	23	
26	24	16	23	23	24	26	22	14	22	7
23	23	25	24	23	23	25	24	23	21	
24	26	32	24	25	24	21	19	23	24	8
23	27	29	23	29	26	12	26	19	25	10
24	23	25	22	14	20	21	21	24		11
26	26	24	27	21	26	25	23	27	28	
26	19	23	25	23	25	23	18	16	26	13
24	23	19	17	33	26	27	24	25	26	14
21	24	24	15	22	23	24	26	26	24	
22	13	20	17	23	25	26	20	31	25	
24	25	18	24	26	25	16	16	26	25	17
23	23	25	25	17	26	25	26	20	31	18
22	25	20	23	27	24	26	24	24	25	19
24	30	23	24	16	26	26	30	20	24	

[illegible]





Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	29/10/2018

**MERLIN**

SECTOR : section I

PROGRESA : km 2+400 al km 2+500

LADO : CARRIL IZQUIERDO

### CALCULOS

$$F = 0.53$$

D = 52.29 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 3.05 IRI

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/S)}]$$

$$= 2.572$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	23	33	22	26	25	23	26	21	23	21
22	27	24	26	26	23	27	25	21	20	21
23	23	25	25	16	22	26	19	30	23	23
25	27	23	24	23	25	23	17	26	27	24
25	22	26	24	23	31	23	24	20	26	25
16	34	21	23	25	14	25	24	24	22	16
29	24	22	27	24	27	24	30	25	18	16
24	27	21	25	26	24	22	26	27	21	21
25	23	24	21	26	19	21	23	22	31	19
22	24	25	22	24	24	22	23	24	17	15
25	20	24	27	13	24	25	23	23	22	15
27	24	31	26	21	29	24	21	20	19	19
30	12	24	24	19	23	25	25	24	30	19
24	30	22	25	22	22	22	23	27	19	19
22	32	17	24	32	15	31	29	24	23	15
27	17	19	23	26	29	26	25	25	13	13
21	23	19	21	26	26	26	21	26	21	19
24	16	25	26	26	26	21	23	25	22	16
20	26	25	24	24	15	24	25	23	24	16
21	27	25	23	22	21	22	22	23	21	19

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	29/10/2018

**MERLIN**

- 2.553

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	25	23	21	25	21	23	21	25	24
2	27	24	25	25	22	24	26	24	26	25
3	26	23	24	26	25	24	25	20	25	19
4	26	32	22	21	29	25	24	27	25	20
5	29	29	26	25	18	26	18	19	23	30
6	28	28	30	27	22	17	26	21	26	25
7	23	26	23	24	27	24	24	23	26	30
8	26	22	24	23	25	22	30	24	25	26
9	24	23	23	27	22	24	25	29	23	23
10	23	24	25	25	29	26	26	27	26	24
11	21	25	22	26	23	16	25	24	26	20
12	25	22	24	25	24	27	27	27	23	25
13	21	23	25	23	23	24	25	26	17	31
14	25	30	16	17	23	20	27	23	17	18
15	21	24	20	23	23	23	12	25	13	31
16	25	23	19	24	25	24	29	20	25	19
17	24	30	26	23	23	26	25	22	25	20
18	23	24	23	26	29	21	15	21	23	31
19	30	16	24	24	23	22	21	24	25	25
20	26	26	16	26	22	24	20	23	16	25

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	29/10/2018

Fecha	29/10/2018
-------	------------

**MERLIN**

$$= 2.652$$

NORMAL

	1	2		4	5	6	7	8	9	10
21	27	20	21	13	15	14	17	16	20	
24	21	23	20	17	23	18	26	18	21	2
21	20	21	18	26	26	20	19	21	19	3
25	25	23	19	21	17	27	21	17	30	
20	16	19	20	21	25	16	17	15	19	5
26	16	20	25	17	24	16	21	16	21	6
20	18	16	19	18	16	25	25	19	21	7
21	21	16	29	22	17	24	15	21	16	
22	30	21	20	24	27	21	27	19	17	9
29	14	19	18	20	12	22	23	23	20	
20	12	18	33	22	21	20	19	18	15	
22	24	21	17	23	23	27	18	22	25	10
26	29	19	20	24	17	24	31	25	16	
20	19	24	21	20	31	26	23	19	19	11
19	26	19	20	17	23	16	18	21	15	
20	22	21	16	22	20	17	20	23		
21	22	22	21	17	17	16	21	17	21	12
17	19	21	25	24	20	19	18	16	16	
19	20	24	22	19	23	21	16	25	21	
21	19	20	21	26	21	20	22	16	22	

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	05/11/2018

**MERLIN**

$$= 2.697$$

NORMAL

	1	2	4	5	6	7	8	9	10
23	24	27	26	23	26	24	23	25	25
26	22	22	23	24	20	20	24	21	22
22	26	21	22	20	25	22	21	25	26
23	23	26	26	27	23	23	27	23	23
23	20	24	25	22	25	22	29	24	31
21	25	26	27	23	20	21	22	17	16
25	24	22	26	26	22	23	19	17	30
22	30	25	27	22	21	26	24	26	26
24	20	23	19	25	24	22	22	23	29
23	21	32	26	13	28	24	15	24	21
22	31	23	16	23	23	24	29	21	29
25	18	22	20	28	12	12	30	33	21
26	23	16	31	23	27	20	27	29	24
22	24	29	26	20	24	24	22	24	22
26	23	22	24	24	27	21	23	30	30
26	26	29	20	16	24	21	24	24	23
23	25	24	27	31	23	23	14	22	17
21	22	22	22	21	25	23	22	21	22
22	25	25	19	22	25	27	16	23	23
26	32	20	26	21	24	22	23	22	21

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quijpe
Fecha	05/11/2018

PAVIMENTO CARRETA ASFÁLTICA

**MERLIN**

SECTOR : Sección I

PROGRESA : km 4+500 al km 5+200

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.53$$

D = 52.05 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$= 3.04 \text{ IRI}$$

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)} - 1]$$

$$= 2.577$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	25	29	23	20	15	25	16	23	21	21	1
23	29	21	26	22	26	23	17	25	20		2
22	24	23	28	26	31	22	23	20	22		3
20	25	27	27	23	22	13	30	21	27		4
29	20	21	27	26	16	23	27	23	20		5
19	27	26	23	21	26	22	23	15	22		6
23	16	23	31	23	17	24	26	22	20		7
24	20	24	22	26	19	23	24	26	17		8
26	22	29	30	29	13	30	23	24	14		9
26	21	26	17	23	22	24	19	23	24		10
20	25	20	29	21	32	23	24	19	20		11
17	21	16	25	28	21	16	23	22	23		12
22	21	22	31	23	25	24	19	23	24		13
23	26	23	16	21	27	16	24	19	20		14
24	22	24	24	25	25	27	23	24	23		15
26	29	27	20	23	22	24	19	23	24		16
14	27	25	19	22	29	23	24	27	24		17
19	22	26	26	21	21	22	23	16	25		18
20	21	27	29	23	26	24	19	20	26		19
21	25	21	25	29	29	30	24	19	16		20

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	05/11/2018

PAVIMENTO CARRETA ASFÁLTICA

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección I

PROGRESA : km 5+200 al km 5+600

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

$F = 0.53$

D = 51.67 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

- 3.02 [R]

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 2.557$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	22	20	21	19	20	23	22	24	27	24
21	21	19	24	26	23	22	15	23	24	21
19	20	16	26	25	24	16	21	20	23	23
21	22	25	17	19	20	23	27	24	26	24
20	25	19	26	26	23	22	22	23	24	25
19	16	15	20	26	24	25	21	27	23	26
21	22	20	22	25	20	23	26	23	26	25
20	21	19	16	22	23	17	19	22	24	24
27	20	26	25	24	25	15	16	21	17	23
16	29	26	23	21	22	33	32	23	23	24
23	14	24	29	23	31	21	19	30	24	19
22	25	23	24	15	24	22	30	21	26	22
21	21	29	27	21	20	23	17	24	19	24
25	22	24	19	28	23	22	19	15	24	16
22	26	23	24	25	24	24	27	22	23	25
21	27	22	23	21	20	23	22	30	29	24
23	14	13	25	23	17	22	19	23	24	27
26	20	26	19	20	24	21	20	27	23	25
16	26	20	13	21	20	23	22	24	19	23
20	21	26	24	18	23	16	19	23	22	22

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	05/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección 1

PROGRESA : km 5+200 al km 5+400

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.827$$

D = 51.85 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.03 [R]

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

= 2.552

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	21	21	25	23	29	21	21	21	23	21
23	25	26	25	31	23	20	23	17	22	
23	27	25	24	26	21	22	22	16	19	
24	16	16	23	29	26	20	21	19	21	
15	21	23	22	20	17	22	23	26	25	
24	20	24	21	29	17	21	22	21	31	
25	22	20	23	24	21	20	20	19	27	
23	22	27	25	22	22	21	23	21	23	
24	21	25	30	21	19	22	25	22	24	
20	23	24	23	20	16	19	26	19	24	
23	22	23	22	21	20	25	26	21	20	
22	27	24	27	22	21	23	26	23	24	
21	21	26	24	26	30	24	24	21	23	
15	22	18	32	26	19	20	21	19	20	
22	13	21	26	23	30	23	24	16	23	
21	25	30	23	17	24	27	15	24		
15	31	26	15	18	19	24	21	19	27	
19	22	16	27	19	21	20	24	16	23	
20	21	20	23	20	26	24	21	13	25	
21	29	31	22	21	26	24	17	23	26	

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	07/11/2018

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

## Sección I

PROGRESA : km 7+200 al km 7+600

LADO : CARRIL DERECHO

## CÁLCULOS

$$F = 0.83$$

D = 52.91 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$= 3.05 \text{ IRI}$$

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

= 2.556

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	23	22	30	23	23	23	21	21	16	
23	17	21	26	29	25	24	21	19	2	20
20	16	23	25	17	25	20	23	19	25	3
30	27	26	26	32	26	19	23	20	25	
26	19	22	24	26	25	21	22	23	24	5
21	21	21	20	17	26	22	26	22	20	6
26	29	20	26	27	29	20	22	23	19	7
22	16	21	16	22	23	22	20	30	22	
20	22	16	17	24	25	21	22	21	23	9
21	21	12	23	31	20	20	20	23	19	
23	16	29	24	27	16	31	19	15	24	11
22	17	14	27	25	23	26	16	21	23	12
21	21	22	23	17	19	23	22	24	19	
32	23	24	33	22	24	16	24	23	24	14
26	21	27	22	27	23	26	31	22	13	15
21	33	25	24	24	26	23	22	24	27	
23	22	26	21	23	30	21	16	23	24	17
29	15	20	20	21	20	19	20	22	23	18
21	26	19	21	21	16	22	22	24	19	
20	20	20	24	21	24	21	19	23	24	



Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	07/11/2018

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección I

PROGRESA : km 7+200 al km 7+600

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.83$$

D = 53.17 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

- 3.09 [R]

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

= 2.5499

## HOJA CAMPO

NORMAL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	22	26	30	23	22	27	20	21	27
24	29	27	24	31	19	26	23	32	26
26	21	29	15	25	26	25	26	23	25
27	30	26	17	23	25	33	24	25	26
28	21	24	26	25	24	23	29	16	27
24	20	25	24	17	25	26	22	25	23
25	26	26	22	24	22	26	27	31	19
26	13	30	21	26	21	25	16	29	24
23	25	25	24	21	20	24	26	22	23
22	27	29	29	27	17	26	12	26	26
26	21	19	23	26	30	20	20	23	24
23	26	21	26	25	34	23	24	25	23
30	26	20	26	26	25	24	20	24	19
21	26	26	25	13	27	31	23	21	26
25	20	30	26	23	26	22	29	24	16
23	16	26	26	22	30	21	25	25	17
25	22	24	22	25	25	33	29	21	19
26	25	31	21	26	29	16	15	24	16
27	21	26	23	25	22	24	27	20	32
24	26	26	22	21	21	20	24	26	23

[illegible]

## Anexo E: Formatos de cálculos IRI- 2018 /sección II

**CARRETERA:** Dv. Caracara – Lampa – Cabanilla – Cabanillas, (Tramo I)

Resp.  
Fecha

Karen K. Margas Quispe  
07/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

## Sección II

PROGRESA : km 9+200 al km 9+600

LADO : CARRIL DERECHO

### CALCULOS

$$F = 0.53$$

D = 53.32 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471x_D$$

• 3.10 IRI

$$\text{PSI} = 5/[e^{(R/S)}]$$

= 2.546

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	22	19	23	23	23	22	30	21	16	
17	21	21	21	22	17	24	21	19	19	20
22	23	22	24	19	17	23	23	19	21	
19	25	20	29	16	19	13	22	20	16	
29	22	24	26	22	21	22	21	23	24	
22	26	25	17	24	26	15	21	20	23	
20	24	26	23	20	20	26	17	23	29	
20	23	24	12	31	16	25	22	22	24	
22	22	23	27	23	26	21	21	21	23	
21	15	19	25	12	18	14	23	14	19	
22	23	24	15	25	13	19	22	22	16	
21	16	20	14	16	15	16	15	21	23	
22	22	24	20	27	32	22	21	26	19	
21	19	21	25	18	16	26	23	23	24	
20	24	24	20	30	26	21	22	22	23	
19	27	21	24	17	15	22	21	24	19	
21	19	20	23	18	18	15	23	23	24	
22	22	27	27	20	21	19	21	23	21	
21	19	21	26	16	23	20	22	24	23	
20	24	24	22	20	22	21	19	20	22	

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	07/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

**MERLIN**

Sección III

PROGRESA : km 9+200 al km 9+400

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

 $F = 0.53$ 

D = 53.67 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

- 3.12 [R]

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$
$$= 2.535$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	19	23	16	16	15	22	19	29	19	
21	21	24	20	26	17	21	21	17	24	2
20	25	20	27	15	20	23	20	22	23	3
30	30	20	22	22	14	19	23	19	19	4
19	21	22	16	17	12	22	23	21	24	5
25	23	14	16	16	15	21	22	27	31	6
22	19	22	24	19	22	20	16	20	19	7
21	22	19	25	21	21	15	22	21	24	8
20	20	20	19	23	20	25	24	24	23	9
17	15	29	16	17	19	24	23	21	19	10
16	19	17	26	16	21	21	19	20	24	11
15	22	26	13	16	21	22	16	25	23	12
14	13	26	16	18	19	24	20	21	32	13
17	26	25	16	23	22	27	22	20	19	14
29	22	19	20	16	21	16	19	19	16	15
27	21	21	26	16	20	20	24	33	17	16
22	23	22	31	25	19	21	20	24	19	17
26	19	20	19	19	21	24	23	20	16	18
21	22	24	20	17	22	20	24	21	17	19
22	21	23	21	16	19	17	20	24	23	20

[illegible]



Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	08/11/2018

**MERLIN**

Sección II

PROGRESA : km 9+600 al km 10+000

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.83$$

D = 53.93 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

- 3.13 [R]

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

= 2.6315

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	23	23	23	20	16	23	19	29	19	
21	24	24	24	21	17	24	16	17	19	2
22	20	20	20	24	23	20	26	21	22	3
22	20	25	26	22	22	23	23	22	25	22
21	22	19	23	20	16	21	19	31	24	23
19	21	22	15	21	26	24	24	20	23	
24	24	23	21	26	22	20	22	20	19	25
23	20	19	23	29	21	23	19	21	24	26
21	29	31	22	32	20	27	24	24	23	27
13	20	19	22	17	25	23	23	16	19	
19	30	16	30	13	21	22	19	20	24	29
16	25	22	24	14	21	30	16	27	23	30
19	23	25	16	16	19	16	20	21	19	
15	14	17	16	16	22	21	22	31	19	32
22	19	27	20	14	21	24	19	19	16	33
21	19	20	22	18	20	20	24	21	17	
23	33	19	24	16	19	21	20	24	19	34
19	16	21	14	19	21	24	23	20	16	36
22	16	21	22	17	22	20	24	21	17	37
21	19	20	22	18	19	17	20	24	23	

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	08/11/2018



Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	09/11/2018

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección III

PROGRESA : km 12+400 al km 12+500

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

$$F = 0.83$$

D = 55.11 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 3.15 IRU

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 2.503$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	16	19	23	19	22	22	21	16	21
2	17	20	21	22	20	17	21	21	30	19
3	16	21	17	19	21	20	23	17	17	19
4	17	16	20	21	22	16	25	22	14	20
5	21	25	16	15	21	25	22	17	20	23
6	22	23	23	22	20	24	21	16	26	22
7	20	19	13	23	14	20	24	21	19	20
8	20	20	24	25	21	20	23	23	17	19
9	22	23	23	26	26	23	26	20	16	21
10	21	19	26	15	23	30	16	22	25	19
11	22	24	20	13	19	17	18	16	27	19
12	21	32	27	21	22	29	19	12	29	22
13	15	21	22	15	31	31	19	22	22	21
14	17	20	21	20	25	17	16	16	20	24
15	23	14	24	16	22	16	30	14	20	23
16	12	15	23	26	21	17	16	15	20	19
17	19	16	27	27	18	21	24	16	22	24
18	14	23	19	20	18	22	22	24	20	23
19	16	19	20	23	22	21	19	23	23	16
20	23	23	23	22	19	20	24	19	22	22

[illegible]





Resp.	Karen K. Margas Quiápc
Fecha	09/11/2018

**MERLIN**

$$= 2.784$$

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	20	23	16	21	29	24	20	23	19	1
24	15	24	17	24	17	23	21	21	16	2
20	19	20	28	20	21	19	24	20	16	3
19	21	19	22	20	22	24	27	23	23	4
22	19	21	16	21	16	23	29	25	19	5
21	15	25	23	22	20	26	23	24	24	6
24	20	21	24	30	25	22	16	26	22	7
23	22	16	26	17	23	14	21	15	22	8
22	19	24	19	23	22	23	14	21	22	9
26	16	27	24	22	21	19	12	13	23	10
20	19	30	22	18	20	21	33	20	21	11
19	14	24	21	16	17	23	20	25	23	12
27	20	16	31	21	22	19	17	16	22	13
17	26	13	25	26	21	25	23	23	16	14
29	21	20	15	27	20	22	20	14	22	15
20	29	22	24	22	16	23	17	15	22	16
19	19	21	23	14	17	19	16	21	20	17
21	15	23	19	21	22	16	19	24	23	18
21	20	22	26	16	21	17	17	26	24	19
20	15	22	19	19	24	23	16	13	20	20

[illegible]



Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	13/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección II

PROGRESA : km 15+600 al km 16+000

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

$$F = 0.83$$

D = 56.01 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times \text{ID}$$

= 3.23 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(RUS)}]$$

$$= 2.7817$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	23	23	19	23	23	16	20	21	23	
15	24	24	22	16	22	21	21	22	24	1
19	23	20	19	20	22	13	24	19	20	3
20	19	19	29	17	23	17	21	21	23	
22	14	15	20	12	21	21	24	21	23	5
21	19	14	29	25	17	19	13	16	18	6
23	21	25	20	16	16	21	20	12	23	
13	19	24	22	19	16	22	26	17	17	8
19	16	14	19	24	21	21	23	23	18	9
20	27	30	21	22	21	20	22	16	20	
19	20	20	26	16	26	16	24	24	24	11
15	19	24	21	17	25	21	23	25	18	12
16	22	16	22	20	21	22	22	22	22	
17	15	24	15	22	22	16	21	20	16	14
23	21	20	19	31	14	16	16	22	23	15
24	26	23	26	26	23	17	17	12	15	
15	25	13	19	23	17	12	26	16	15	17
15	20	23	19	30	23	14	23	16	17	18
20	22	27	22	27	23	17	13	21	13	
27	20	23	23	21	19	29	21	22	20	

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	13/11/2018

PAVIMENTO CARRETA ASFÁLTICA

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Sección II

PROGRESA : km 15+600 al km 16+000

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.83$$

D = 56.49 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

= 3.25 IRI

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$
$$= 2.770$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	26	20	16	22	25	23	20	19	20	21
21	22	15	22	19	20	21	26	16	16	21
17	20	24	21	32	21	15	19	22	19	3
21	16	20	18	21	16	21	16	26	22	4
19	21	26	24	20	16	21	19	20	21	5
23	22	30	31	17	27	16	16	15	22	6
19	23	19	29	19	21	17	19	23	16	7
23	21	18	26	27	31	20	20	20	19	8
21	22	21	20	19	21	13	24	21	16	9
20	19	21	15	16	22	15	20	24	21	10
19	21	17	24	22	22	16	24	23	18	11
19	20	16	22	19	16	19	20	22	20	12
16	17	17	21	21	20	17	26	16	24	13
30	16	14	20	22	21	16	33	17	26	14
21	22	12	29	19	14	25	19	15	25	15
23	20	12	15	21	20	15	14	20	15	16
24	23	22	16	22	19	14	17	15	14	17
15	21	25	23	16	22	13	29	19	13	18
20	26	16	22	22	21	25	19	15	25	19
27	23	16	19	19	24	19	23	16	23	20

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	13/11/2018

### REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

## Sección II

PROGRESA : km 18+000 al km 18+400

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

F = 0.53

D = 55.80 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times \text{ID}$$

• 3.22 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(RUS)}]$$

= 2.7866

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	22	16	22	16	23	25	22	25	23	
24	17	20	17	14	21	20	19	20	24	1
20	20	21	13	16	20	19	21	22	20	2
19	26	16	26	16	19	20	21	20	19	3
22	16	18	22	24	22	25	22	25	21	4
19	22	12	30	30	19	21	22	25	19	5
25	19	22	25	19	21	19	29	20	15	6
22	21	20	16	17	12	21	24	21	22	7
20	22	25	34	20	20	20	16	21	20	8
23	19	16	29	26	23	16	16	22	23	9
13	21	23	24	26	13	31	22	22	23	10
22	16	22	20	20	15	21	19	16	16	11
15	23	21	26	16	19	20	21	20	19	12
16	23	24	21	22	27	19	21	21	15	13
20	27	21	26	21	20	23	26	14	20	14
15	20	22	14	21	27	17	14	16	15	15
19	20	27	17	22	30	13	21	19	21	16
20	17	21	29	22	20	23	19	22	20	17
21	22	20	19	17	21	22	16	21	21	18
20	15	23	23	19	20	19	19	24	20	19







PAVIMENTO CARPETA ASFĂLTEA

## References

Karen E. Magnus Quinn

### Each

14/11/2018

**MERLIN**

Sección III

PROGRESA : km 19+200 al km 19+600

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CÁLCULOS

$$F = 0.53$$

D = 55.11 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

$$= 3,18 \text{ [RI]}$$

$$\text{PSI} = 5 / [e^{(R/5.5)}]$$

$$= 2.5031$$

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
19	16	18	22	18	23	20	17	23	22		
21	22	20	17	29	24	26	20	27	16		1
20	19	21	24	29	20	30	20	16	19		3
20	22	26	23	19	21	18	21	16	26		4
25	19	18	20	26	19	20	20	17	20		5
30	19	26	21	21	23	26	23	24	19		6
16	16	23	19	18	30	14	16	25	23		7
22	23	21	22	18	23	20	26	20	15		8
19	20	21	21	28	24	21	21	22	26		9
18	21	19	28	16	23	27	19	16	16		10
22	14	25	23	18	19	22	21	29	22		11
19	23	21	14	24	22	27	25	14	19		12
21	19	20	16	26	23	20	21	20	22		13
22	24	18	15	24	20	28	20	19	21		14
19	20	22	31	20	15	23	21	15	25		15
21	17	19	16	15	27	29	17	29	17	14	16
20	31	20	23	22	17	19	26	13	17		17
18	20	17	23	22	29	22	20	23	27		18
22	21	22	20	25	19	21	21	23	16		19
19	15	25	27	19	23	24	20	27	19		20

[illegible]





Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	14/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

**MERLIN**

Section III

PROGRESA : km 20+500 al km 21+200

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

$$F = 0.63$$

D = 54.56 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.16 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(RSI)}]$$

= 2.8163

## HOJA CAMPO

NORMAL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	24	29	24	19	16	17	21	22	20
23	28	19	20	33	14	26	22	26	16
24	25	23	23	19	22	21	17	14	23
21	21	19	20	30	27	20	26	20	16
20	24	21	12	121	15	14	21	22	20
23	21	12	16	21	21	26	20	17	19
24	22	22	21	22	15	21	18	21	15
29	21	22	25	20	21	21	20	23	16
23	13	21	27	22	23	20	22	21	24
26	25	20	20	20	16	25	23	23	23
23	21	24	20	17	32	22	22	21	23
22	24	21	12	21	24	21	20	22	12
26	21	16	22	23	23	25	31	16	16
30	23	25	12	16	20	20	15	21	20
23	21	19	20	21	19	22	23	26	21
22	23	23	17	31	21	32	19	17	16
23	27	22	20	16	25	22	16	21	20
29	22	22	23	22	22	27	24	16	16
24	22	23	24	26	24	23	21	24	23
20	19	23	26	21	22	22	24	20	16

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	14/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

**MERLIN**

Sección III

PROGRESA : km 20+800 al km 21+200

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.63$$

D = 53.74 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.12 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(RS.5)}]$$

= 2.8363

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	24	29	24	23	27	24	25	23	25	
27	25	25	26	26	25	23	20	25	23	2
26	26	17	23	19	26	26	23	22	28	
21	15	17	23	26	27	16	15	27	25	4
29	29	21	16	23	24	20	16	29	28	
24	25	23	22	25	13	23	12	26	25	5
31	26	26	26	22	27	26	10	25	24	7
25	22	25	32	14	22	24	31	30	30	
27	24	20	28	22	27	23	19	24	25	8
23	18	29	22	25	24	33	23	25	26	
23	27	26	27	25	24	21	22	21	23	11
30	23	22	24	26	23	26	23	24	22	12
23	26	24	26	26	26	19	26	24	25	13
25	25	20	25	30	26	25	29	21	21	14
29	29	27	33	23	28	24	29	26	25	15
30	16	26	22	22	23	27	21	31	25	16
25	24	25	23	30	26	25	24	25	25	17
27	33	20	19	27	26	24	21	22	22	18
27	23	29	24	16	25	23	28	22	24	19

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	14/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

**MERLIN**

Section III

PROGRESA : km 21+200 al km 21+600

LADO : CARRIL DERECHO

## CALCULOS

$$F = 0.63$$

D = 53.15 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.09 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(RSI)}]$$

= 2.8506

## HOJA CAMPO

NORMAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	26	24	23	25	22	25	26	27	24	
21	18	19	21	23	25	26	20	25	22	2
24	15	24	20	21	26	23	26	24	26	
23	17	23	29	26	25	27	23	19	26	4
26	25	27	30	23	24	23	26	30	16	5
20	26	33	20	25	26	26	21	22	26	6
23	24	25	26	27	22	26	26	16	24	7
26	25	24	13	24	26	19	25	24	26	8
24	12	23	24	23	16	23	31	24	25	9
22	22	32	27	21	19	24	29	30	23	10
26	23	23	22	23	25	16	23	26	25	11
25	21	26	16	25	32	29	21	26	16	12
20	26	27	16	22	25	27	21	24	25	13
23	23	14	24	14	26	26	29	22	22	14
24	24	23	26	23	23	29	29	26	21	15
33	20	16	24	26	21	16	24	24	20	16
26	26	21	25	33	25	26	27	25	17	17
23	26	31	21	20	24	26	23	27	23	18
20	19	25	24	19	22	23	24	25	15	19
25	26	21	29	24	19	24	27	20	26	20

[illegible]

Resp.	Karen K. Margas Quispe
Fecha	14/11/2018

PAVIMENTO CARPETA ASFÁLTICA

## REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

**MERLIN**

Section III

PROGRESA : km 21+200 al km 21+600

LADO : CARRIL IZQUIERDO

## CALCULOS

$$F = 0.63$$

D = 52.36 mm

$$\text{RUGOSIDAD} = 0.593 + 0.0471 \times D$$

• 3.05 IRI

$$PSI = 5 / [e^{(PSI)}]$$

= 2.5595

## HOJA CAMPO

NORMAL

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	29	25	27	25	26	27	24	22
2	26	25	14	24	22	21	24	19	25
3	25	22	24	25	26	24	24	24	26
4	16	24	16	26	24	22	26	16	26
5	24	29	23	24	26	20	19	25	25
6	22	25	26	22	27	31	25	21	20
7	16	24	21	31	21	24	30	20	24
8	21	20	26	23	22	20	23	23	21
9	26	23	17	29	23	24	26	25	26
10	30	29	21	23	26	26	23	15	24
11	29	33	22	23	23	19	25	21	21
12	21	24	23	22	20	27	27	23	17
13	27	26	15	23	27	27	23	20	25
14	25	17	26	23	26	23	13	24	23
15	20	24	23	25	17	16	23	25	30
16	22	23	21	23	23	24	25	24	20
17	19	24	27	12	26	18	27	23	24
18	26	25	19	16	23	22	23	24	25
19	22	26	25	22	24	25	25	23	26
20	27	27	26	24	16	26	26	14	25

[illegible]

GEOTECNIA PUNO

ING. RESP.	ALFREDO ALARCON A.
TECNICO	WILBER GUTIERREZ
FECHA	5 de Diciembre de 2014

ING. ALFREDO PERCON ATAHUALPA  
INGENIERO CIVIL  
Especialista en Mecánica de Suelos, Geotecnia  
y Pavimentos  
Reg. CIP. N° 91732



## MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

ING. RESP.	ALFREDO ALARCON A.
TECNICO	WILBER GUTIERREZ
FECHA	5 de Diciembre de 2014

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACH  
INGENIERO CIVIL  
Especialista en Mecánica de Suelos, Geotecnia  
y Pavimentos  
Reg. CIR. N° 81732











## MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

ING. RESP. ALFREDO ALARCON A.  
TECNICO WILBER GUTIERREZ  
FECHA 5 de Diciembre de 2014

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Especialista en Mecánica de Suelos, Geotecnia  
y Pavimentos  
Reg. CIP. N° 81732

## MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

ING. RESP. ALFREDO ALARCON A.  
TECNICO WILBER GUTIERREZ  
FECHA 5 de Diciembre de 2014

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
27	26	28	25	27	27	26	26	27	28	1
25	28	26	23	29	28	23	25	26	25	2
28	27	25	26	29	28	23	27	28	26	3
30	27	27	28	29	25	26	26	26	27	4
28	23	28	21	26	27	29	26	24	24	5
28	27	32	23	32	27	28	24	26	29	6
24	27	26	27	26	29	28	27	25	26	7
24	28	25	28	29	27	22	28	24	28	8
26	28	25	28	26	26	24	26	27	25	9
26	29	26	24	28	26	28	28	26	24	10
24	26	25	25	24	26	26	28	24	27	11
25	26	27	26	24	24	28	28	25	29	12
26	29	24	28	35	25	28	25	28	27	13
24	30	34	26	33	27	25	26	26	26	14
25	23	27	27	26	23	19	29	27	28	15
22	26	26	27	24	28	26	22	24	25	16
27	28	27	30	26	26	34	24	26	28	17
25	28	31	21	24	19	27	26	24	29	18
30	26	26	24	26	24	25	27	25	28	19
25	25	26	24	28	28	27	27	25	29	20

[illegible]

OBSERVACIONES:

De acuerdo al Manual de Carreteras, Sección de Suelos y Pavimentos, la rugosidad característica inicial del pavimento nuevo IRI (m/Km) debe estar entre 2.00-3.00.

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
INGENIERO CIVIL  
Especialista en Mecanica de Suelos, Geotecnica  
y Pavimentos  
Reg. CIP N° 1732



ING. RESP.	ALFREDO ALARCON A.
TECNICO	WILBER GUTIERREZ
FECHA	5 de Diciembre de 2014

REGULARIDAD SUPERFICIAL / RUGOSIDAD - MERLIN TRRL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
27	24	26	30	26	29	24	23	22	26	1
27	25	22	25	26	27	24	28	26		2
26	26	27	25	24	26	24	27	29	28	
27	20	29	27	25	28	29	27	25	22	4
27	21	26	29	26	26	26	28	24	28	5
25	25	27	31	27	24	29	26	28	26	6
27	26	29	29	27	27	25	28	21	32	7
30	24	28	29	26	25	26	27	25	28	8
26	26	27	26	28	24	26	29	23	24	9
28	25	27	25	29	22	26	25	28	25	10
29	26	22	28	21	27	30	27	25	26	11
28	29	28	27	29	36	26	25	25	25	12
25	22	35	28	25	25	21	23	28	27	13
28	25	26	26	27	27	30	29	24	25	14
26	29	26	29	25	24	24	26	29	27	15
24	24	26	27	28	26	28	25	29	28	16
26	29	27	28	27	26	24	25	28	28	17
26	28	29	26	25	25	24	27	29	26	18
24	22	28	29	28	27	28	27	23	24	19
27	25	26	26	27	28	21	27	25	26	20

De acuerdo al Manual de Carreteras, Sección de Suelos y Pavimentos, la rugosidad característica inicial del pavimento nuevo IRI (m/Km) debe estar entre 2.00-3.00.

INC ALFREDO A. ARDON ATAHUACH  
INGENIERO CIVIL





## Anexo H: Panel fotográfico



***Ilustración 1: Progresiva 0+000 inicio del primer ensayo con el rugosímetro MERLIN***



***Ilustración 2: Carril derecho progresiva 0+400***



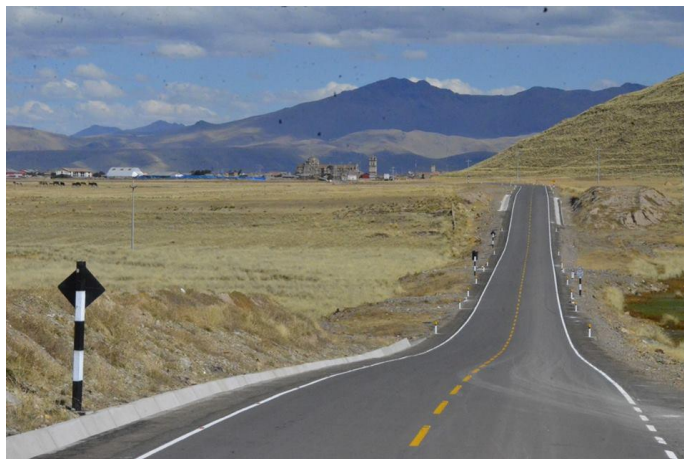
***Ilustración 3: Carril izquierdo realizando el ensayo con el rugosímetro MERLIN***



***Ilustración 4: observación de exudación***

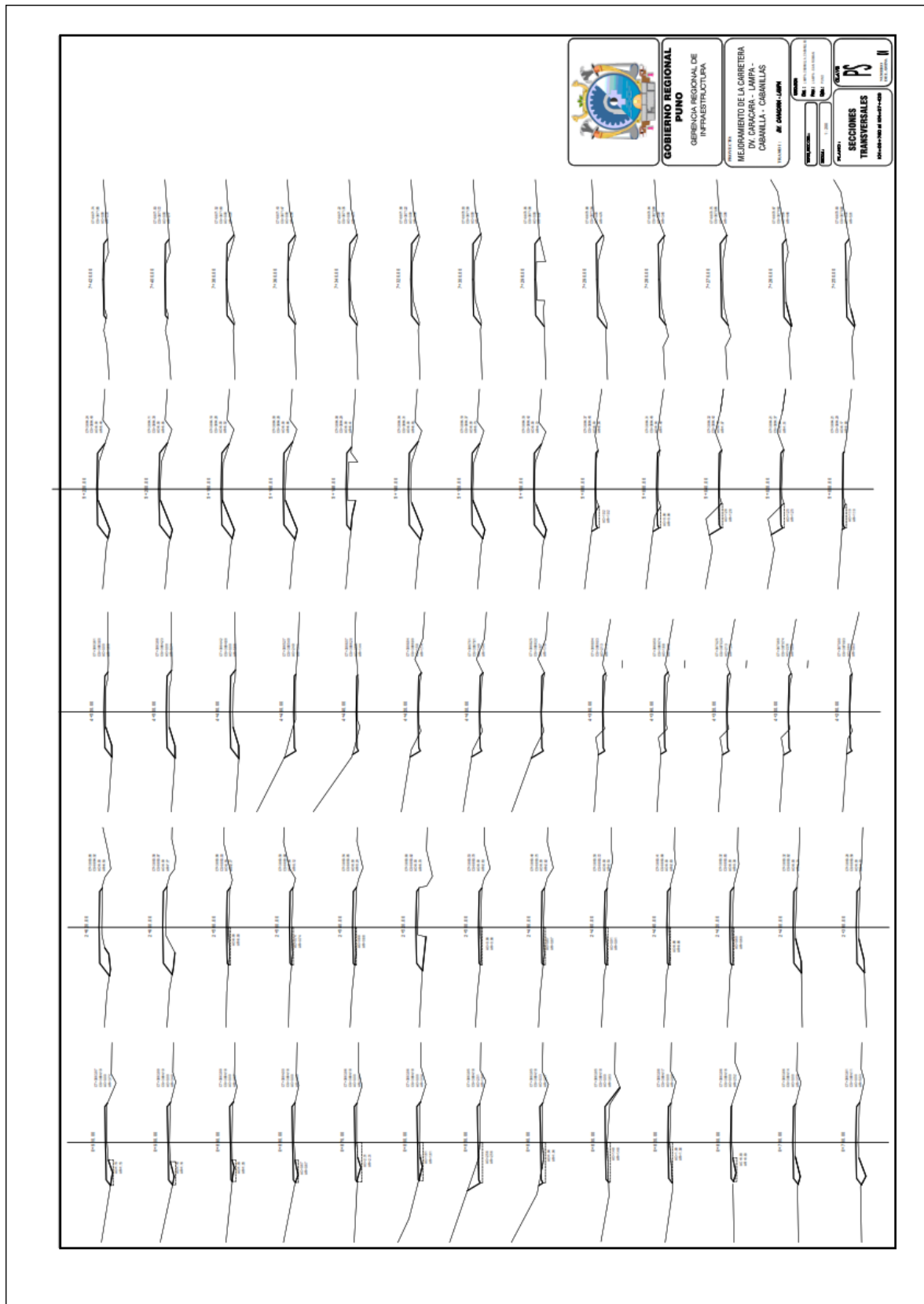


***Ilustración 5: Final de los ensayos progresiva 21+900***

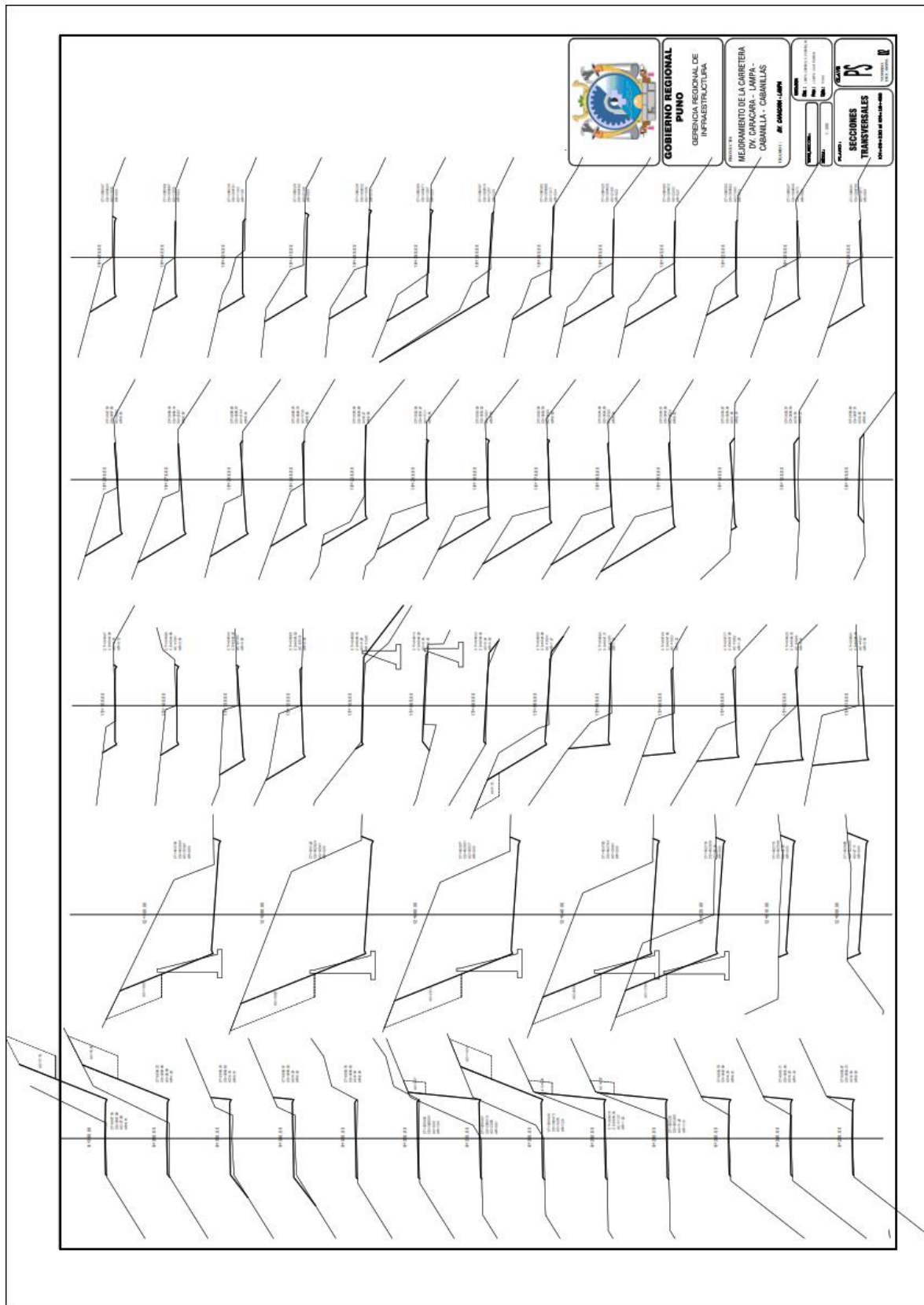


***Ilustración 6: estado de la carretera en su inicio de servicio (2015)***

## Anexo I: Planos- Secciones transversales / Sección I

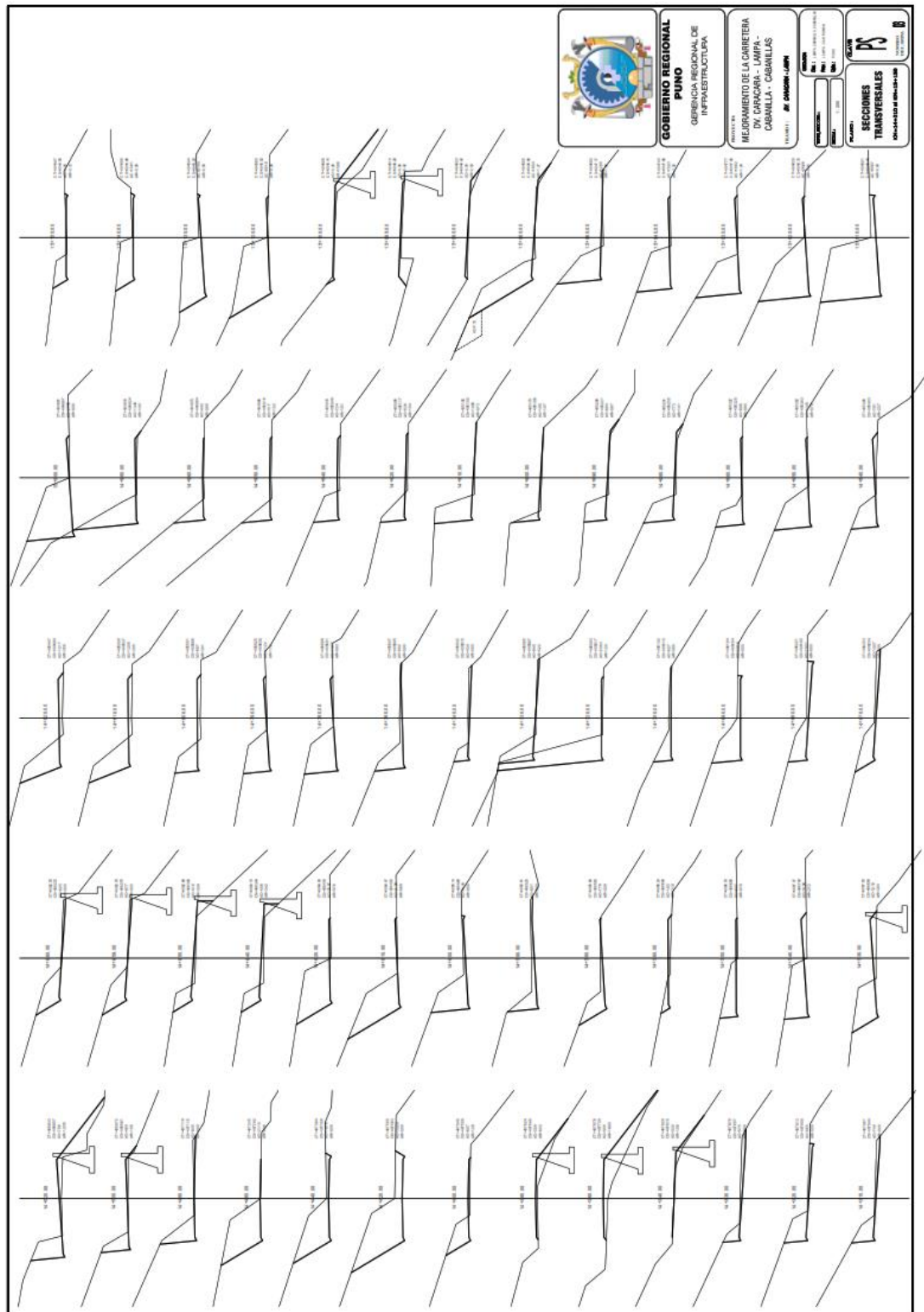


## Anexo J: Planos- Secciones transversales / Sección II





## Anexo K: Planos- Secciones transversales / Sección III



## Anexo L: Plano clave

